



TUGAS AKHIR TF 145565

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING SUHU
DAN KECEPATAN PADA MINI *PLANT STIRLING*
ENGINE BERBASIS *MICROSOFT VISUAL BASIC*
NET 2008

ALI RIDHO
NRP. 2411.031.005

Dosen Pembimbing :
Ir. Jerri Susatio, MT
NIP. 19541017 198003 1 005

Program Studi DIII Metrologi dan Instrumentasi
Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



FINAL PROJECT TF 145565

*TEMPERATURE MONITORING SYSTEM DESIGN
AND SPEED TO MINI STIRLING ENGINE PLANT
BASED ON MICROSOFT VISUAL BASIC NET 2008*

ALI RIDHO
NRP. 2411.031.005

Advisor Lecturer :
Ir. Jerri Susatio, MT
NIP. 19541017 198003 1 005

Diploma III of Metrology And Instrumentation
Department of Engineering Physics
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2015

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING SUHU DAN
KECEPATAN PADA *MINI PLANT STIRLING ENGINE*
BERBASIS MICROSOFT VISUAL BASIC NET 2008**

**OLEH:
ALI RIDHO
NRP. 2411.031.005**

**Surabaya, 02 Januari 2015
Mengetahui/Menyetujui**

Dosen Pembimbing




**Ir. Jerri Susatio, MT
NIPN. 19541017 198003 1 005**

**Ketua Jurusan
Teknik Fisika FTI-ITS**



**Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA
NIPN. 19650309 19902 1 001**

**Ketua Program Studi
D3 Metrologi dan Instrumentasi**



**Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, MSc
NIPN. 19620822 198803 1 001**

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING SUHU DAN KECEPATAN PADA *MINI PLANT STIRLING ENGINE* BERBASIS MICROSOFT VISUAL BASIC NET 2008

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
pada
Program Studi D3 Metrologi dan Instrumentasi
Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Oleh :
ALI RIDHO
NRP. 2411.031.005**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ir. Jerri Susatio, MT' (Dosen Pembimbing)
2. Dr.Ir.Purwadi Agus Darwito, MSc (Dosen Penguji I)
3. Ir. Tutug Dhanardono, MT (Dosen Penguji II)
4. Dyah Sawitri, ST.MT (Dosen Penguji III)
5. Arief Abdurrahman, ST, MT (Dosen Penguji IV)

**SURABAYA
Juli 2015**

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING SUHU DAN KECEPATAN PADA MINI PLANT STIRLING ENGINE BERBASIS MICROSOFT VISUAL BASIC NET 2008

Nama : Ali Ridho

NRP : 2411.031.005

Pembimbing : Ir. Jerri Susatio, MT

ABSTRAK

Dewasa ini, banyak ditemui sistem penghasil energi listrik alternatif yang dapat digunakan secara mandiri oleh masyarakat. Energi listrik yang dihasilkan tersebut umumnya disimpan dalam bentuk arus DC dengan menggunakan baterai atau *accu*. Namun dalam penerapannya sehari-hari sering kali tidak adanya sistem monitoring yang dapat membantu mempermudah dalam memonitor dalam sebuah sistem tersebut. Oleh karena itu pada tugas akhir telah dirancang sistem monitoring suhu dan kecepatan *stirling engine* untuk mengetahui karakteristik alat ukur yang digunakan untuk memonitoring suhu dan kecepatan pada *stirling engine*. Sistem monitoring ini menggunakan alat ukur kecepatan mesin dengan *optocoupler* sebagai sensor, Arduino Uno sebagai pemrosesan sinyal.. Dari hasil pengujian pada alat ukur diketahui alat ukur mempunyai hasil pengujian sensor termokopel antara pengujian standar dengan pengujian alat didapat nilai rata – rata koreksi sebesar 339,09, nilai rata – rata akurasi sebesar 56,52 %, nilai rata – rata error sebesar -43,48 , dan standar deviasi sebesar 117,76. Untuk pengujian sensor LM35 juga didapat nilai rata – rata koreksi sebesar -21,29, nilai rata – rata akurasi sebesar 106,80 %, nilai rata –rata error sebesar 6,80 , dan standar deviasi sebesar 6,07. Sedangkan hasil pengujian kecepatan pada mesin stirling yang dilakukan mempunyai nilai rata- rata koreksi sebesar 113,3, nilai rata – rata akurasi sebesar 95,63 %, nilai rata – rata error sebesar -4,36 , dan nilai standar deviasi sebesar 43,81.

Kata kunci : Monitoring, LM35 , termokopel dan optocoupler

TEMPERATURE MONITORING SYSTEM DESIGN AND SPEED TO MINI STIRLING ENGINE PLANT BASED ON MICROSOFT VISUAL BASIC .NET 2008

Name : Ali Ridho
NRP : 2411.031.005
Lecturer : Ir. Jerri Susatio, MT

ABSTRACT

Today, many of the alternative electrical energy producing systems that can be used independently by the community. The electrical energy generated is generally stored in the form of DC current by using a battery or batteries. But in day-to-day implementation is often the absence of a monitoring system that can help simplify the monitoring in the system. Therefore at the end of the assignment has been designed monitoring system stirling engine temperature and speed to determine the characteristics of measuring instruments used to monitor the temperature and speed of the stirling engine. This monitoring system using measuring instrument with the engine speed optocoupler as sensors, Arduino Uno as signal processing .. From the test results on a measuring instrument known measuring devices have the test results between the thermocouple sensor with a standard testing device test obtained value - average correction amounting to 339.09 , value - average accuracy of 56.52%, value - average error of -43.48, and the standard deviation of 117.76. To test the sensor LM35 also gained value - average correction of -21.29, value - average accuracy of 106.80%, the average value -rata error of 6.80, and a standard deviation of 6.07. While the speed test results conducted stirling engine has an average value of 113.3 correction, value - average accuracy of 95.63%, value - average error of -4.36, and standard deviation of 43.81 ,

Keywords: *Monitoring, LM35, thermocouples and optocoupler*

KATA PENGANTAR

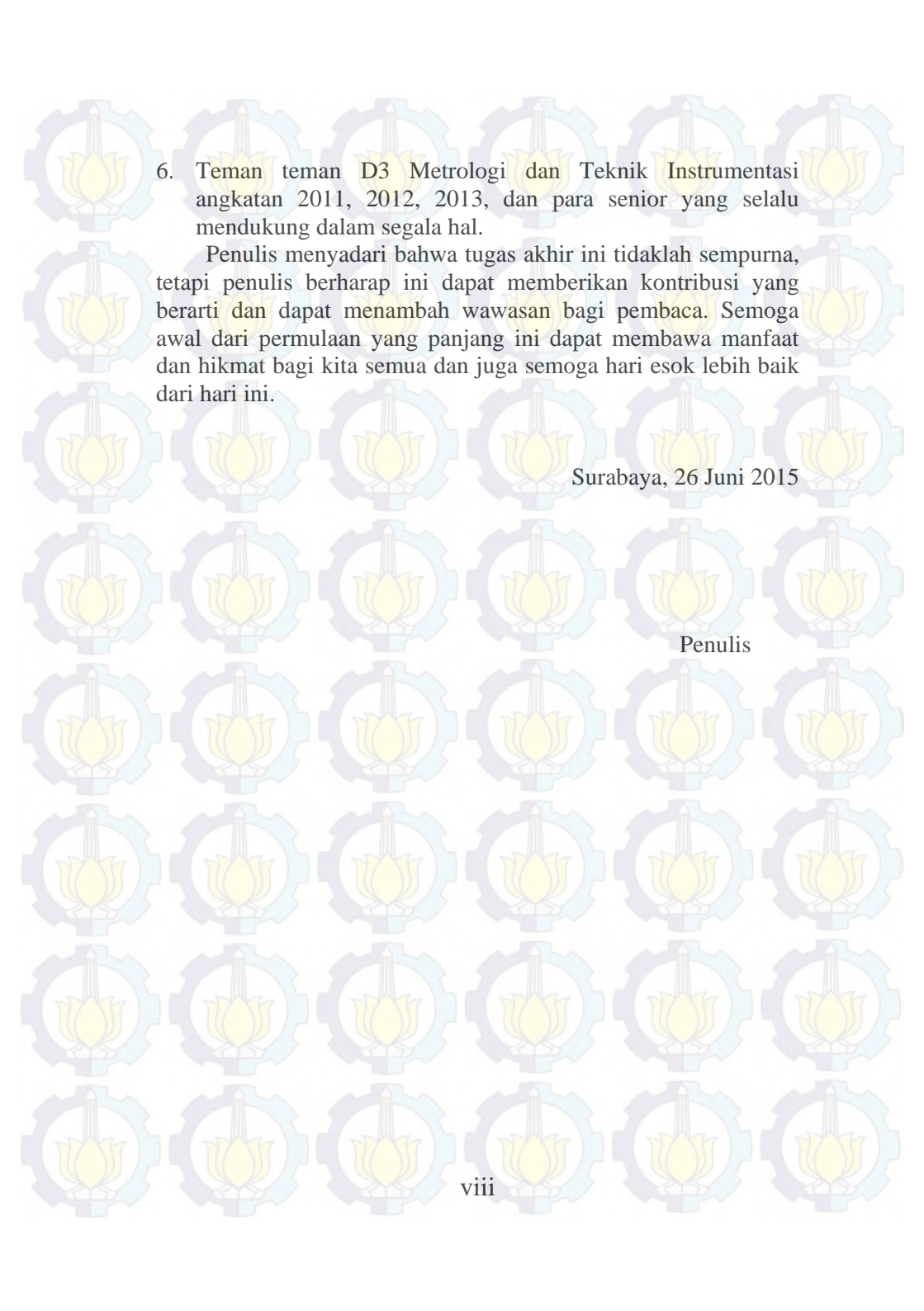
Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT dan baginda besar rasulullah SAW atas segala rahmat dan anugerahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul :

“RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING SUHU DAN KECEPATAN PADA MINI PLANT STIRLING ENGINE BERBASIS MICROSOFT VISUAL BASIC NET 2008”

Tugas akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan bagi seorang mahasiswa untuk memperoleh gelar Ahli Madya bidang studi instrumentasi, program studi D-3 Metrologi dan Teknik Instrumentasi, jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun secara tidak langsung dalam pengerjaan dan pembelajaran tugas akhir ini. Beberapa pihak tersebut antara lain:

1. Bapak Ir.Jerri Susatio, MT selaku Dosen Pembimbing yang setia mendampingi, membimbing, mengkritisi, dan memotivasi pengerjaan tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA selaku Kepala Jurusan Teknik Fisika ITS Surabaya.
3. Bapak Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc selaku Ketua Program Studi Diploma III Metrologi dan Teknik Instrumentasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
4. Bapak Ir. Zulkifli, MSc selaku Dosen Wali dan yang telah memberikan arahan selama menjalani masa perkuliahan hingga menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknik Fisika beserta karyawan atas ilmu dan dedikasinya.

- 
6. Teman teman D3 Metrologi dan Teknik Instrumentasi angkatan 2011, 2012, 2013, dan para senior yang selalu mendukung dalam segala hal.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini tidaklah sempurna, tetapi penulis berharap ini dapat memberikan kontribusi yang berarti dan dapat menambah wawasan bagi pembaca. Semoga awal dari permulaan yang panjang ini dapat membawa manfaat dan hikmat bagi kita semua dan juga semoga hari esok lebih baik dari hari ini.

Surabaya, 26 Juni 2015

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	1
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Sistematika Laporan	3
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 <i>Stirling Engine</i>	5
2.2 Generator	6
2.3 Arus	7
2.4 Microsoft Visual Basic Net 2008	8
2.5 Arduino	14
2.6 Sensor <i>Optocoupler (DI Rotary Encoder)</i>	16
2.7 Sensor Suhu LM35	19
2.8 Sensor Termokopel	20
2.9 Tipe – Tipe Termokopel	20
2.10 Monitor	22
 BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT	
3.1 Studi literatur	26
3.2 Perancangan <i>Hardware</i>	27
3.2.1 Sensor Termokopel	27
3.2.2 Sensor Suhu LM35	28
3.2.3 Sensor <i>Optocoupler (DI Rotary Encoder)</i>	29

	3.2.4 Arduino	31
	3.2.5 Kabel USB <i>to Serial</i>	32
3.3	Perancangan <i>Software</i> Monitoring	32
	3.3.1 Sketch Arduino	33
	3.3.2 Microsoft Visual Studio 2008	33
3.4	Pengujian Alat ukur	35

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1	Hasil Pengujian dan Pengambilan Data Monitoring	37
	4.1.1 Pengujian <i>temperature</i> Sensor Termokopel	38
	4.1.2 Pengujian <i>temperature</i> Sensor LM35	39
	4.1.3 Pengujian RPM	41
4.2	Analisa Data dan Pembahasan	43

BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan	45
5.2	Saran	45

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A

LAMPIRAN B

LAMPIRAN C

LAMPIRAN D

LAMPIRAN E



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Pengujian Sensor Termokopel	38
Tabel 4.2	Pengujian Sensor Suhu LM35	40
Tabel 4.3	Pengujian RPM Mesin <i>Stirling</i>	41

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Listrik menjadi kebutuhan yang sangat penting bagi kehidupan manusia saat ini. Dimana segala aktivitas manusia banyak dilakukan dengan bantuan listrik, seperti penerangan, media informasi, utilitas, dan lain sebagainya. Setiap tahunnya kebutuhan listrik bertambah seiring dengan bertambahnya jumlah manusia. Namun hal tersebut tidak diimbangi dengan bertambahnya sumber energi listrik. Di Indonesia, listrik diproduksi dengan menggunakan bahan bakar fosil. Hal tersebut mengakibatkan Indonesia masih berkontribusi besar dalam menyumbang emisi karbondioksida di dunia. Oleh karena itu dibuatlah *plant stirling engine* atau mesin stirling ini. *Stirling engine* atau mesin stirling adalah mesin regenerasi udara panas yang mengonversi udara panas menjadi kerja dimana gas atau fluida yang bekerja berada terperangkap di dalam sistem tersebut. Hampir sama seperti mesin kalor konvensional lain, hanya saja perbedaannya adalah mesin stirling menggunakan pemanasan eksternal baik itu pemanasan hasil pembakaran, tenaga surya, atau bahkan nuklir. Jadi tidak seperti mesin pembangkit listrik yang umum di Indonesia menggunakan bahan bakar fosil, mesin ini bisa menggunakan bahan bakar non fosil atau biasa disebut *bio fuel*. Sehingga efisiensi dari segi lingkungan bisa lebih tinggi dan dampak lingkungan bisa sangat kecil.

Dalam tugas akhir ini akan dirancang sebuah sistem monitoring dari *mini plant* mesin stirling. Mesin stirling ini bertujuan untuk menghasilkan energi listrik dengan menggerakkan generator DC. Dari arus DC yang dihasilkan akan di ubah menjadi arus AC yang bisa dimanfaatkan untuk utilitas sehari-hari. Untuk memudahkan dalam menampilkan data dari sebuah sistem maka diperlukan monitoring untuk memudahkan tampilan dari keseluruhan sistem supaya data

yang ditampilkan lebih akurat dan mudah untuk dimonitoring..

1.2 Permasalahan

Pada pelaksanaan tugas akhir ini permasalahan yang diangkat adalah bagaimana cara membuat sistem monitoring suhu dan kecepatan pada mini plant *stirling engine* yang efisien serta memiliki akurasi tinggi dengan menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno sebagai kontroler dan *software Microsoft Visual Basic Net 2008* sebagai *displaynya* .

1.3 Batasan Masalah

Perlu diberikan beberapa batasan permasalahan agar pembahasan tidak meluas dan menyimpang dari tujuan. Adapun batasan permasalahan dari sistem yang dirancang ini adalah :

- a. Bahwa tugas akhir ini hanya membahas tentang sistem monitoring pada mini plant *stirling engine*.
- b. Komponen dari alat ini adalah optocoupler sebagai sensor, Arduino Uno sebagai pemrosesan program dan *Microsoft Visual Basic Net 2008* sebagai display untuk menampilkan nilai dan grafik.
- c. Dalam tugas akhir ini untuk alat yang akan dirancang dan dibangun hanya memiliki fungsi sebagai monitoring.

1.4 Tujuan

Tujuan yang dicapai dalam tugas akhir ini adalah merancang dan membuat sistem monitoring pada *stirling engine* untuk memudahkan proses *monitoring* serta pengambilan data secara efisien dan dapat digunakan secara optimal dengan menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno sebagai kontroler dan *software Microsoft Visual Basic Net 2008* sebagai *displaynya*.

1.5 Sistematika Laporan

Sistematika laporan yang digunakan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, permasalahan, tujuan, batasan masalah, dan sistematika laporan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang teori-teori yang menunjang sistem monitoring pada mini plant *stirling engine*.

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Berisi tentang desain plant sistem monitoring suhu dan kecepatan pada *stirling engine*.

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang analisa hasil desain sistem monitoring suhu dan kecepatan pada mini plant *stirling engine* beserta pembahasannya.

BAB V PENUTUP

Berisi tentang hasil yang diperoleh dari analisis sistem, analisa data dan saran.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Stirling Engine*

Stirling engine adalah sebuah mesin kalor regenerasi pada siklus tertutup, berfluida kerja berupa udara atau gas yang menggunakan pembakaran luar atau eksternal.

Prinsip kerja mesin stirling itu sendiri bekerja dengan dasar yang sederhana dari proses pemuain (ekspansi) dan penyusutan (kompresi) misalkan pada sebuah kaleng (anggap saja silinder) yang ditutup dengan karet balon. Dari kedua proses tersebut digabungkan menjadi satu (ekspansi dan kompresi) pada ujung silinder yang berbeda dan diantaranya diletakkan piston yang memiliki ukuran kecil dari dinding kaleng (silinder). Udara dapat melewati celah piston dengan *volume* yang tetap serta terdapat perbedaan suhu yang cukup, ketika dipancing dengan sedikit gerakan ke atas, maka terjadilah sebuah coupling gerakan antara ekspansi dan kompresi. Piston akan naik dan turun secara bergantian dan bila dilihat kondisi termal, maka didalam silinder terjadi sebuah siklus termal antara ekspansi dan kompresi sebuah mesin kalor regenerasi panas pada siklus tertutup yang menggunakan pembakaran luar atau eksternal.

Dari gerakan yang dihasilkan oleh karet dan piston yang berlawanan, maka dibuat sebuah mekanisme engkol yang mengkonversi dari gerakan piston dan karet tersebut menjadi gerakan. Ketika mekanisme engkol telah dibuat mesin tidak akan bisa berjalan atau berputar dengan sendirinya karena udara panas akan terus menekan. Oleh karena itu dibutuhkan sebuah penyetabil gerak putar dengan memanfaatkan momen inersia sehingga piston dapat kembali kebawah. Penyetabil ini biasanya berupa *flywheel* atau bandul massa yang terpasang secara seimbang di poros engkol tersebut. Mesin stirling ini merupakan sistem energi listrik alternatif yang menggunakan sistem pembakaran luar yang ramah lingkungan.



Gambar 2.1 *Stirling engine*

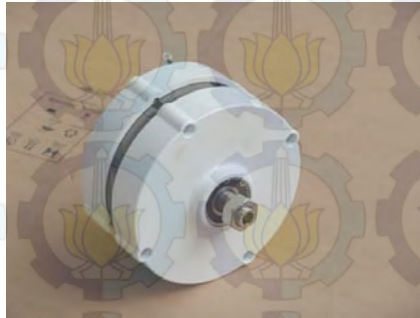
2.2 Generator

Generator adalah suatu alat yang dapat mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Energi mekanik bisa berasal dari panas, air, uap, dll. Energi listrik yang dihasilkan oleh generator bisa berupa Listrik AC (listrik bolak-balik) maupun DC (listrik searah). Hal tersebut tergantung dari konstruksi generator yang dipakai oleh pembangkit tenaga listrik.

Pada tugas akhir ini generator yang dipakai merupakan generator AC tiga *fase* dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Tipe output : AC tiga *fase*
- Daya : 100W
- Daya maksimum : 150W
- Tegangan : 12/24Volt
- Frekuensi : 50Hz
- Suhu kerja : -40°F to 167°F
- Torsi start up rendah

- Aluminium *alloy* shell
- RPM rendah

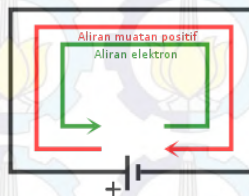


Gambar 2.2 Generator

2.3 Arus

Arus adalah muatan yang mengalir dalam satuan waktu, atau agar lebih mudah memahaminya arus merupakan sebuah muatan yang bergerak, ketika muatan bergerak maka akan muncul arus, sebaliknya muatannya berhenti maka tidak akan ada arus yang dihasilkan atau menghilang. Muatan itu sendiri akan bergerak jika ada pengaruh energi dari luar yang mempengaruhinya.

Arah arus positif akan selalu mengalir dari potensial tinggi ke potensial rendah jika terjadi beda potensial pada suatu elemen sedangkan arah arus negative mengalir sebaliknya.



Gambar 2.3 Arah arus listrik

Arus terdiri dari 2 macam, yaitu :

1. Arus searah (*Direct Current* atau DC) adalah aliran elektron dari suatu titik yang energi potensialnya tinggi ke titik yang lebih rendah. Pada umumnya sumber arus listrik searah adalah baterai seperti aki dan elemen *voltage* dan juga panel surya.

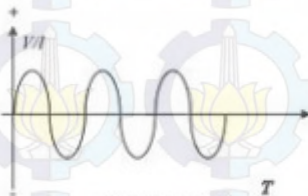


Bentuk arus DC

Lambang arus DC

Gambar 2.4 Bentuk arus DC

2. Arus Bolak-Balik (*Alternating Current* / AC) adalah arus listrik yang besarnya dan arah arusnya selalu berubah-ubah dan bolak-balik. Arus listrik AC akan membentuk suatu gelombang yang dinamakan dengan gelombang sinus atau lebih lengkapnya sinusoida.



Bentuk arus AC

Lambang arus AC

Gambar 2.5 Bentuk arus AC

2.4 Microsoft Visual Basic Net 2008

Microsoft Visual Basic Net 2008 adalah salah satu program berorientasi objek, selain itu ada pula program Java dan C++ yang juga berbasis objek. Program *Visual Basic Net*

2008 adalah produksi *Microsoft Corp.* Program ini biasanya dipaket bersama-sama dengan Visual C# 2008 dan Visual C++ 2008 dalam paket Visual Studio 2008. Bahasa Visual Basic telah digunakan secara luas karena kemudahan penggunaannya bagi orang awam dan penulisan kode di dalamnya tidak terlalu rumit dibandingkan bahasa C, Delphi, dan Java.



Gambar 2.6 Tampilan awal *Visual Basic Net* 2008

Software *Visual Basic Net* 2008 terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu :

1. *Title Bar* adalah tempat untuk menampilkan nama project yang sedang dibuat. Contohnya seperti pada gambar dibawah ini :

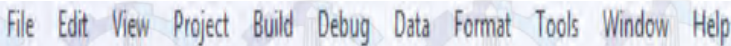


Gambar 2.7 *Title Bar*

2. *Menu Bar* digunakan untuk melakukan proses atau perintah-perintah tertentu. Menu bar dibagi menjadi beberapa pilihan sesuai dengan kegunaannya, seperti menu bar File digunakan untuk memproses atau menjalankan perintah-perintah yang berhubungan dengan file, seperti membuka file baru, menyimpan file, selain itu juga terdapat Menu Bar lain seperti : *Edit, View, Project, Build, Debug, Data, Format, Tools, Window, dan Help*. Untuk menggunakan Menu Bar, dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu :

- Dengan *mouse*, klik *mouse* pada menu dan sub menu.
- Dengan *Keyboard*, tekan ALT dan karakter bergaris bawah

Contoh : ALT + E untuk menampilkan menu Edit, dll. dibawah ini adalah gambar Menu Bar :



Gambar 2.8 Menu Bar

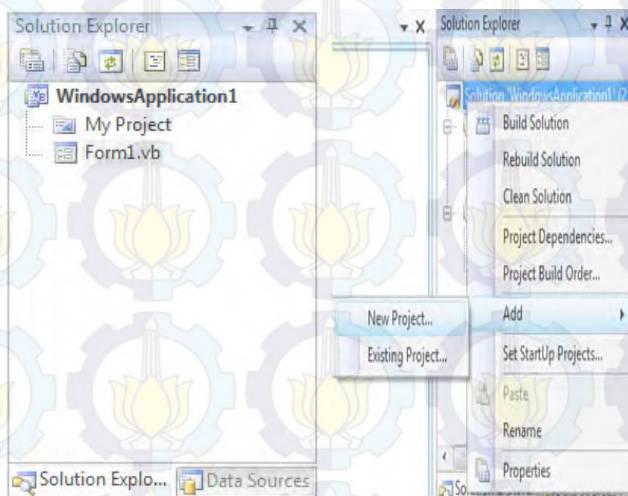
3. *Toolbars* pada *Visual Basic 2008* sama dengan toolbars pada aplikasi windows lainnya yang berisi tombol-tombol yang mewakili suatu perintah tertentu yang sering digunakan untuk keperluan dalam pemrograman dan lain-lain, toolbars dapat kita lihat dalam bentuk icon.



Gambar 2.9 Control dan Functions Pallette

4. *Solution Explorer* adalah jendela yang menyimpan Informasi mengenai *Solution, Project – project*,

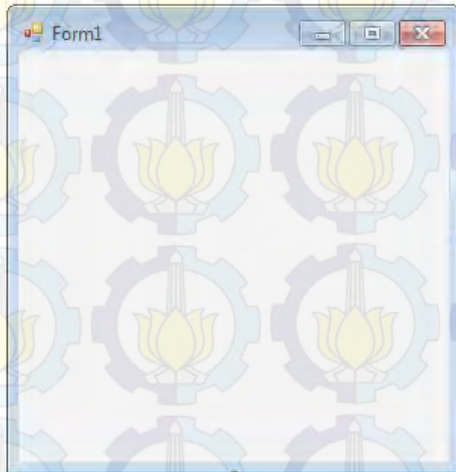
beserta *file-file*, *form – form* ataupun *resource* yang digunakan pada program aplikasi. Pada bagian atas jendela *Solution Explorer* terdapat *toolbox* yang digunakan untuk menampilkan jendela *Properties*, menampilkan semua *file*, melihat *Design form*, *Refresh* dan *View code*, untuk melihat kode program. Pada *Solution explorer* juga kita dapat menambahkan class, module, windows form baru, dan sebagainya. Jika pada saat kita mengaktifkan Visual Studio 2008 jendela *Solution Explorer* tidak ada, kita dapat menampilkannya dari *menu bar View, Solution Explorer* atau menggunakan tombol **Ctrl + Alt + L**.



Gambar 2.10 *Solution Explorer*

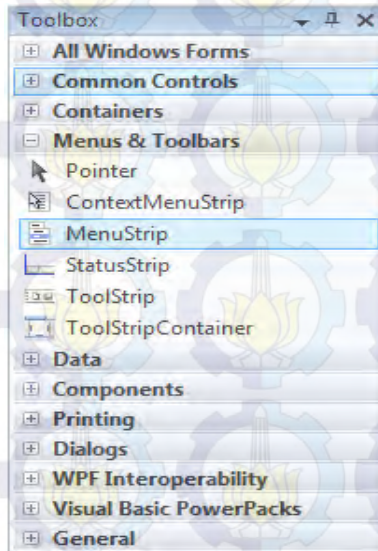
5. *Form Designer* merupakan suatu objek yang digunakan untuk merancang tampilan program. *Form Designer* juga dapat dikatakan sebagai objek utama

pada pemrograman Visual Basic karena pada *form* inilah nantinya Komponen dan kontrol *Toolbox* diletakkan dan diatur sebagai mungkin. Form dapat diatur melalui jendela *Properties*. Ukuran *Form Designer* ini juga dapat diubah tinggi dan lebarnya, dengan cara mengclick pada *Form Designer* tersebut, sehingga tampak garis putus-putus disekelilingnya, hanya dengan men-Drag *Form* ke kiri, kanan, atas, ataupun bawah, maka ukuran *Form* akan berubah.



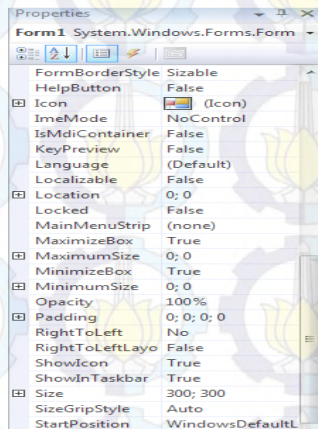
Gambar 2.11 *Form Designer*

6. *ToolBox* adalah tempat dimana kontrol dan komponen yang dilambangkan dengan icon. Kontrol dan komponen sangat membantu pada saat proses merancang tampilan *Form* dalam pembuatan program. kontrol dan komponen diletakkan pada tab-tab berdasarkan kegunaannya.



Gambar 2.12 *ToolBox*

7. *Properties* berfungsi untuk memberikan informasi mengenai objek yang sedang aktif, nama objek yang sedang aktif dapat dilihat pada bagian atas jendela *properties*. *Properties* juga digunakan untuk merubah nilai property atau karakteristik dari objek yang aktif. Komponen-komponen atau kontrol-kontrol VB 2008 mempunyai property dan event yang berbeda untuk satu dan lainnya, tetapi ada juga yang memiliki *property* dan event yang sama. Pada VB 2008 jendela *properties* terbagi atas bagian / jenis, pertama yaitu *properties* yang berfungsi untuk menampung *property* masing-masing objek serta pada bagian ini juga karakteristik dari komponen tersebut dapat diatur atau dirubah.



Gambar 2.13 *Properties*

2.5 Arduino

Pada tugas akhir ini mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Uno dimana board mikrokontroler berbasis ATmega328. Uno memiliki 14 pin digital input / output (dimana 6 dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, resonator keramik 16 MHz, koneksi USB, jack listrik, header ICSP, dan tombol reset. Uno dibangun berdasarkan apa yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, sumber daya bisa menggunakan power USB (jika terhubung ke komputer dengan kabel USB) dan juga dengan adaptor atau baterai.

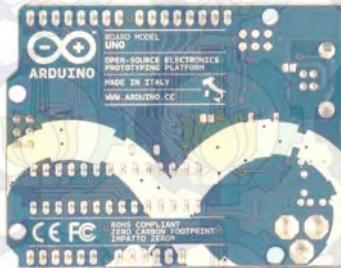
Berikut ini adalah spesifikasi dari arduino uno yaitu :

- Mikrokontroler : ATmega328
- Operasi tegangan : 5Volt
- Input tegangan : disarankan 7-11Volt
- Input tegangan batas : 6-20Volt
- Pin I/O digital : 14 (6 bisa untuk PWM)
- Pin Analog : 6
- Arus DC tiap pin I/O : 50mA

- Arus DC ketika 3.3V : 50mA
- Memori flash : 32 KB (ATmega328) dan 0,5 KB digunakan oleh bootloader
- SRAM : 2 KB (ATmega328)
- EEPROM : 1 KB (ATmega328)
- Kecepatan clock : 16 MHz



(a) Modul arduino uno tampak depan



(b) Modul arduino uno tampak belakang

Gambar 2.14 (a) Modul arduino uno tampak depan, (b) Modul arduino uno tampak belakang

2.6 Sensor *Optocoupler (DI Rotary Encoder)*

Optocoupler adalah piranti yang terdiri dari 2 bagian yaitu *transmitter* dan *receiver*, yaitu antara bagian cahaya (LED Infrared) dan bagian deteksi sumber cahaya-nya (fototransistor) terpisah. Biasanya optocoupler digunakan sebagai sensor pembaca kecepatan putar atau sebagai saklar elektrik yang bekerja secara otomatis.

Optocoupler adalah suatu komponen penghubung (coupling) yang bekerja berdasarkan picu cahaya optic. Optocoupler terdiri dari 2 bagian yaitu:

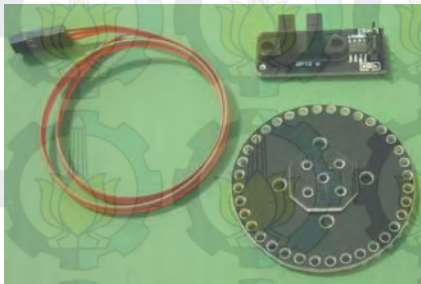
1. *Transmitter* dibuat dari komponen LED infrared, Jika dibandingkan dengan LED biasa, LED infrared memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap sinyal tampak. Cahaya yang dipancarkan oleh LED infrared tidak terlihat oleh mata telanjang.
2. *Receiver* dibuat dari komponen Fototransistor. Fototransistor merupakan suatu transistor yang peka terhadap tenaga cahaya. Suatu sumber cahaya menghasilkan energy panas, begitu pula dengan spectrum infrared. Karena infrared memiliki efek panas yang lebih besar dari cahaya tampak, maka fototransistor lebih peka menangkap radiasi infrared.

Ketika ada benda antara LED Infrared dan fototransistor, maka cahaya LED infrared yang dikirimkan akan terhalang dan tidak bisa diterima oleh *receiver* (fototransistor = on) sehingga menghasilkan tegangan keluaran yang mendekati 0 volt (*low logic*). Sebaliknya jika tidak ada benda antara LED infrared dan *receiver* (fototransistor = off) sehingga tegangan keluaran akan mendekati V_{cc} (*high logic*).

Karakteristik sensor optocoupler dengan receiver fototransistor :

- Waktu respon cukup cepat dan sensitivitasnya cukup tinggi. Perubahan nilai langsung berubah hampir saat itu juga saat dikenai cahaya/ditutup (gelap).

- Dapat digunakan pada jarak yang cukup jauh. Asalkan intensitas cahaya yang sampai pada receiver memenuhi nilai minimal yang diperlukan untuk mengaktifkan receiver fototransistor
- Receivernya punya sifat yang sama dengan transistor biasa. Tapi perbedaannya yaitu terletak pada kaki Base yang input arus basenya digantikan oleh intensitas cahaya.
- Makin besar intensitas cahaya, maka arus yang melewati collector semakin besar. (untuk fototransistor jenis NPN)
- Sensitivitas dipengaruhi oleh warna cahaya, karena tiap warna dari cahaya memiliki panjang gelombang dan energi yang berbeda
- Mudah terkena gangguan, karena itu sebelum sensor dipasang pada suatu tempat, terlebih dahulu kita harus memperhitungkan disturbance yang terjadi pada suatu tempat.



Gambar 2.15 Paket dalam modul DI-REV1

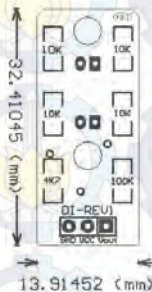
Spesifikasi:

- Terdiri dari dua bagian utama:
 1. Piringan derajat dengan 36 lubang pada kelilingnya dengan sudut antara dua lubang yang berdampingan terhadap titik tengahnya adalah 10° .

2. Rangkaian sensor pembaca putaran yang menggunakan *optocoupler* tipe celah sebagai sensor pembaca perubahan posisi lubang piringan derajat.
- Tegangan-tegangan operasi:
 - Sumber (VCC): 3,5 – 5,5V
 - Logika output '0': 0 – 0,5V
 - Logika output '1': 3 – 5V (VCC – 0,5V)
 - Logika output:
 - 0: Saat celah sensor terhalang
 - 1: Saat celah sensor tanpa-halangan
 - Kecepatan baca sensor:
 - Kondisi logika *toggle* (0/1): 1500Hz
 - Rotasi dengan 36 lubang: 2500RPM



Gambar 2.16 Piringan Derajat DI-REV1



Gambar 2.17 Rangkaian Sensor DI-REV

2.7 Sensor Suhu LM35

Sensor yang digunakan untuk mengukur suhu kompresi dari mesin *stirling engine* adalah sensor suhu LM35 dimana suhu LM35 adalah salah satu jenis sensor yang merubah besaran suhu ke besaran listrik dalam bentuk tegangan. LM35 memiliki 3 buah pin kaki, pin1 untuk INPUT tegangan positif (+), pin2 OUTPUT, pin3 INPUT tegangan negatif/GND (-). Dapat beroperasi pada tegangan 4 volt sampai 30 volt. Setiap suhu 1 derajat Celcius akan menunjukkan tegangan 10 mV.

Berikut ini adalah karakteristik dari sensor LM35:

1. Memiliki sensitivitas suhu, dengan faktor skala linier antara tegangan dan suhu 10 mV/ $^{\circ}\text{C}$, sehingga dapat dikalibrasi langsung dalam celcius.
2. Memiliki ketepatan atau akurasi kalibrasi yaitu 0,5 $^{\circ}\text{C}$ pada suhu 25 $^{\circ}\text{C}$. Memiliki jangkauan maksimal operasi suhu antara -55 $^{\circ}\text{C}$ sampai +150 $^{\circ}\text{C}$.
3. Bekerja pada tegangan 4 sampai 30 volt.
4. Memiliki arus rendah yaitu kurang dari 60 μA .
5. Memiliki pemanasan sendiri yang rendah (low-heating) yaitu kurang dari 0,1 $^{\circ}\text{C}$ pada udara diam.
6. Memiliki impedansi keluaran yang rendah yaitu 0,1 W untuk beban 1 mA.
7. Memiliki ketidaklinieran hanya sekitar $\pm \frac{1}{4} ^{\circ}\text{C}$.

The image shows a small electronic component, which is an LM35 precision centigrade centimeter scale sensor. It has a black rectangular body with three gold-colored pins extending from one side. The top surface of the component is labeled with "LM35" and "02". Below the component, there are labels for the pins: "+5 Vcc", "Out", and "GND".

Gambar 2.18 Sensor LM35

2.7 Sensor Suhu LM35

Sensor yang digunakan untuk mengukur suhu kompresi dari mesin *stirling engine* adalah sensor suhu LM35 dimana suhu LM35 adalah salah satu jenis sensor yang merubah besaran suhu ke besaran listrik dalam bentuk tegangan. LM35 memiliki 3 buah pin kaki, pin1 untuk INPUT tegangan positif (+), pin2 OUTPUT, pin3 INPUT tegangan negatif/GND (-). Dapat beroperasi pada tegangan 4 volt sampai 30 volt. Setiap suhu 1 derajat Celcius akan menunjukkan tegangan 10 mV.

Berikut ini adalah karakteristik dari sensor LM35:

1. Memiliki sensitivitas suhu, dengan faktor skala linier antara tegangan dan suhu 10 mVolt/ $^{\circ}\text{C}$, sehingga dapat dikalibrasi langsung dalam celcius.
2. Memiliki ketepatan atau akurasi kalibrasi yaitu 0,5 $^{\circ}\text{C}$ pada suhu 25 $^{\circ}\text{C}$. Memiliki jangkauan maksimal operasi suhu antara -55 $^{\circ}\text{C}$ sampai +150 $^{\circ}\text{C}$.
3. Bekerja pada tegangan 4 sampai 30 volt.
4. Memiliki arus rendah yaitu kurang dari 60 μA .
5. Memiliki pemanasan sendiri yang rendah (low-heating) yaitu kurang dari 0,1 $^{\circ}\text{C}$ pada udara diam.
6. Memiliki impedansi keluaran yang rendah yaitu 0,1 W untuk beban 1 mA.
7. Memiliki ketidaklinieran hanya sekitar $\pm \frac{1}{4} ^{\circ}\text{C}$.

A close-up photograph of an integrated circuit (IC) component, specifically an LM35 precision centigrade centimeter degree Celsius temperature sensor. The IC is small and rectangular, mounted on a white printed circuit board (PCB). It has three gold-colored wire bonds or leads extending downwards from its base. Above the wires, there are labels indicating their functions: '+5 Vcc' under the leftmost lead, 'OUT' under the middle lead, and 'GND' under the rightmost lead. On top of the black square package, the text 'LM35' is visible in white markings.

Gambar 2.18 Sensor LM35

[illegible]

- 2.7 Sensor Suhu LM35**
- Sensor yang digunakan untuk mengukur suhu kompresi dari mesin *stirling engine* adalah sensor suhu LM35 dimana suhu LM35 adalah salah satu jenis sensor yang merubah besaran suhu ke besaran listrik dalam bentuk tegangan. LM35 memiliki 3 buah pin kaki, pin1 untuk INPUT tegangan positif (+), pin2 OUTPUT, pin3 INPUT tegangan negatif/GND (-). Dapat beroperasi pada tegangan 4 volt sampai 30 volt. Setiap suhu 1 derajat Celcius akan menunjukkan tegangan 10 mV.
- Berikut ini adalah karakteristik dari sensor LM35:
1. Memiliki sensitivitas suhu, dengan faktor skala linier antara tegangan dan suhu 10 mV/ $^{\circ}\text{C}$, sehingga dapat dikalibrasi langsung dalam celcius.
 2. Memiliki ketepatan atau akurasi kalibrasi yaitu 0,5 $^{\circ}\text{C}$ pada suhu 25 $^{\circ}\text{C}$. Memiliki jangkauan maksimal operasi suhu antara -55 $^{\circ}\text{C}$ sampai +150 $^{\circ}\text{C}$.
 3. Bekerja pada tegangan 4 sampai 30 volt.
 4. Memiliki arus rendah yaitu kurang dari 60 μA .
 5. Memiliki pemanasan sendiri yang rendah (low-heating) yaitu kurang dari 0,1 $^{\circ}\text{C}$ pada udara diam.
 6. Memiliki impedansi keluaran yang rendah yaitu 0,1 W untuk beban 1 mA.
 7. Memiliki ketidaklinieran hanya sekitar $\pm \frac{1}{4} ^{\circ}\text{C}$.
-
- The image shows a small electronic component, identified as an LM35 precision centigrade centimeter scale sensor. It has three pins extending from its base. The top part of the component is black with white text that reads "LM35". Below it, there are labels for the pins: "+5 Vcc", "Out", and "GND". The component is mounted on a light-colored surface.
- Gambar 2.18 Sensor LM35**



2.7 Sensor Suhu LM35

Sensor yang digunakan untuk mengukur suhu kompresi dari mesin *stirling engine* adalah sensor suhu LM35 dimana suhu LM35 adalah salah satu jenis sensor yang merubah besaran suhu ke besaran listrik dalam bentuk tegangan. LM35 memiliki 3 buah pin kaki, pin1 untuk INPUT tegangan positif (+), pin2 OUTPUT, pin3 INPUT tegangan negatif/GND (-). Dapat beroperasi pada tegangan 4 volt sampai 30 volt. Setiap suhu 1 derajat Celcius akan menunjukkan tegangan 10 mV.

Berikut ini adalah karakteristik dari sensor LM35:

1. Memiliki sensitivitas suhu, dengan faktor skala linier antara tegangan dan suhu 10 mV/°C, sehingga dapat dikalibrasi langsung dalam celcius.
2. Memiliki ketepatan atau akurasi kalibrasi yaitu 0,5°C pada suhu 25 °C. Memiliki jangkauan maksimal operasi suhu antara -55 °C sampai +150 °C.
3. Bekerja pada tegangan 4 sampai 30 volt.
4. Memiliki arus rendah yaitu kurang dari 60 µA.
5. Memiliki pemanasan sendiri yang rendah (low-heating) yaitu kurang dari 0,1 °C pada udara diam.
6. Memiliki impedansi keluaran yang rendah yaitu 0,1 W untuk beban 1 mA.
7. Memiliki ketidaklinieran hanya sekitar ± ¼ °C.

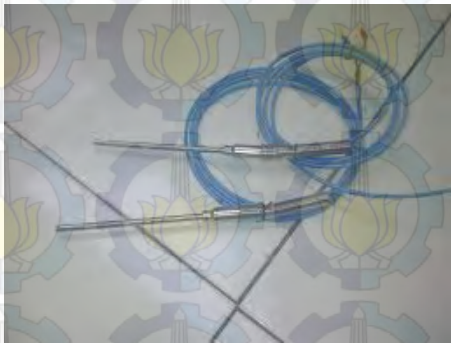
A photograph of an LM35 precision centigrade centesimal temperature centesimal sensor. The component has three gold wire leads extending from its bottom. A small white label at the top contains the text "LM35" and "02". Below the component, there are labels for the pins: "+5 Vcc", "Out", and "GND".

Gambar 2.18 Sensor LM35

2.8 Sensor Termokopel

Termokopel adalah sensor suhu yang banyak digunakan untuk mengubah perbedaan suhu dalam benda menjadi perubahan tegangan listrik (voltase). Termokopel yang sederhana dapat dipasang, dan memiliki jenis konektor standar yang sama, serta dapat mengukur temperatur dalam jangkauan suhu yang cukup antara -200°C sampai 1800°C dengan batas kesalahan pengukuran kurang dari 1°C .

Prinsip kerja termokopel secara sederhana berupa dua buah kabel dari jenis logam yang berbeda ujungnya, hanya ujungnya saja, disatukan (dilas). Titik penyatuan ini disebut hot junction. Prinsip kerjanya memanfaatkan karakteristik hubungan antara tegangan (volt) dengan temperatur. Setiap jenis logam, pada temperatur tertentu memiliki tegangan tertentu pula. Pada temperatur yang sama, logam A memiliki tegangan yang berbeda dengan logam B, terjadilah perbedaan tegangan (kecil sekali, miliVolt) yang dapat dideteksi.



Gambar 2.19 Sensor Termokopel

2.9 Tipe-Tipe Termokopel

Tersedia beberapa jenis termokopel, tergantung aplikasi penggunaannya :

- **Tipe K (Chromel / Alumel)**

Tipe K adalah termokopel yang berbiaya murah dan umum digunakan, karena popularitasnya itu termokopel jenis ini tersedia dalam berbagai macam probe. termokopel tersedia untuk rentang suhu di -200°C sampai $+1200^{\circ}\text{C}$. Sensitivitasnya adalah kira-kira $41\text{ v} / ^{\circ}\text{C}$.

- **Tipe E (Chromel / konstanta)**

Tipe E memiliki output yang tinggi ($68\text{ v} / ^{\circ}\text{C}$) yang membuatnya cocok untuk digunakan pada suhu rendah (*cryogenic*). Properti lainnya dari tipe E ini adalah tipe non magnetik.

- **Tipe J (Iron / konstanta)**

Jangkauan pengukurannya terbatas, hanya -40 hingga 750°C membuat termokopel jenis ini kurang populer dibandingkan dengan tipe K. Termokopel tipe J ini tidak boleh digunakan di atas 760°C .

- **Tipe N (Nicrosil / Nisil)**

Stabilitas tinggi dan ketahanannya terhadap oksidasi suhu tinggi membuat tipe N cocok untuk pengukuran suhu tinggi tanpa platinum. Dapat mengukur suhu di atas 1200°C . Sensitivitasnya sekitar $39\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ pada 900°C , sedikit di bawah tipe K. Tipe N merupakan perbaikan dari tipe K

- **Tipe B (Platinum / Rhodium)**

Cocok untuk pengukuran suhu tinggi hingga 1800°C . Disebut termokopel "B" karena bentuk suhu / tegangan kurva mereka yang menyerupai huruf "B", dan memberikan output yang sama pada 0°C dan 42°C . Hal ini membuat mereka tidak bisa digunakan pada suhu di bawah 50°C .

- **Tipe R (Platinum / Rhodium)**

Cocok untuk pengukuran suhu tinggi hingga 1600°C . Sensitivitasnya yang rendah ($10\text{ v} / ^{\circ}\text{C}$) dan biayanya

yang tinggi, membuat termokopel ini tidak cocok untuk digunakan pada pengukuran umum.

- **Tipe S (Platinum / Rhodium)**

Cocok untuk pengukuran suhu tinggi hingga 1600°C . Sensitivitasnya yang rendah ($10\text{ v} / ^{\circ}\text{C}$) dan biayanya yang tinggi membuat mereka tidak cocok untuk digunakan pada pengukuran umum. Karena tipe S sangat tinggi stabilitasnya, maka sering digunakan sebagai standar kalibrasi untuk titik leleh emas (1064.43°C).

- **Tipe T (Copper / Constantan)**

Cocok untuk pengukuran antar 200 to 350°C . Konduktor positif terbuat dari tembaga, dan yang negatif terbuat dari constantan. Sering dipakai sebagai alat pengukur alternatif sejak penelitian kawat tembaga. Tipe T memiliki sensitifitas $\sim 43\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$

2.10 Monitor LCD (*Liquid Crystal Display*)

Monitor LCD (*Liquid Crystal Display*) merupakan sebuah perangkat atau alat yang berfungsi untuk menampilkan data atau informasi dalam bentuk angka, gambar maupun huruf dari sebuah program. Monitor (komputer) mempunyai berbagai macam jenis salah satunya yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah monitor LCD.



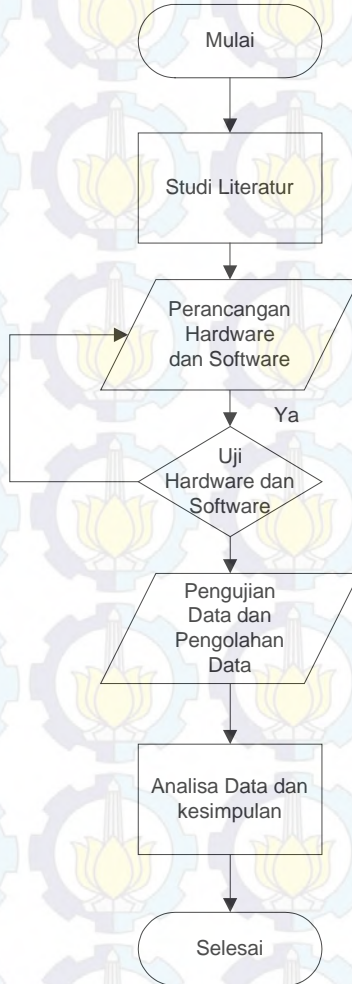
Gambar 2.20 Monitor LCD (*Liquid Crystal Display*)

Pada teknologi LCD sumber cahaya berasal dari lampu neon berwarna putih yang tersusun secara merata pada bagian belakang susunan pixel (kristal cair) tadi yang jumlahnya mencapai jutaan piksel hingga membentuk sebuah gambar. Kutub kristal cair yang dilewati oleh arus listrik akan berubah karena pengaruh polarisasi medan magnetik yang timbul dan oleh karenanya akan hanya membiarkan beberapa warna diteruskan sedangkan warna lainnya tersaring. LCD ini sendiri dapat menampilkan monitoring dari sebuah sistem yang ada .

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Berikut ini merupakan *flowchat* perencanaan tugas akhir :



Gambar 3.1 *Flowchart* perencanaan tugas akhir

3.1 Studi Literatur

Pada studi literatur ini dilakukan pemahaman tentang *software* yang digunakan dalam melakukan *interfacing* dari *plant* sistem monitoring *stirling engine* ke PC, yang meliputi Arduino dan Microsoft Visual Studio 2008.

Dari gambar *flowchart* tersebut dapat dijelaskan bagaimana tahapan-tahapan dalam pengerjaan tugas akhir. Tahapan pertama adalah studi literatur. Studi literatur sangat penting karena hal tersebut merupakan dasar dari perancangan alat. Semua referensi yang terkait dengan rancangan alat baik desain hingga perancangan sistem monitoring harus dipelajari dengan baik. Tahap selanjutnya adalah perancangan sistem monitoring. Pada tahap ini dirancang bagaimana sistem monitoring yang akan dibuat, diagram blok serta topologi apa yang akan digunakan, rancangan tiap bagian dari sistem monitoring, pemilihan komponen elektrik, dan sebagainya. Langkah selanjutnya adalah pembuatan tampilan monitoringnya. Tampilan monitoring dibuat berdasarkan perancangan dan simulasi yang telah dilakukan.

Setelah tahap ini, tahap selanjutnya adalah pengujian tiap bagian sensor yang akan dimonitoring. Dari hardware yang telah selesai dibuat, masing-masing bagian sensor yang akan dimonitoring diuji. Pengujian ini dapat berupa pengukuran suhu pada silinder panas, suhu pada silinder dingin, kecepatan, pengecekan *wiring*, dan lain sebagainya. Bila sudah sesuai maka melangkah ke tahap selanjutnya, yaitu pengambilan data dan analisa. Pengambilan data merupakan tahap terakhir dari serangkaian tahapan-tahapan dalam pembuatan sistem monitoring. Pengambilan data bertujuan untuk mengetahui bagaimana cara kerja dari sistem monitoring itu sendiri apakah sesuai dengan harapan atau tidak. Dari

data-data yang terkumpul, setelah itu dianalisa, dihitung, guna mengetahui *error* ataupun kesalahan-kesalahan yang ada pada sensor yang akan dimonitoring.

3.2 Perancangan *Hardware Monitoring*

3.2.1 Sensor Termokopel

Sensor yang digunakan untuk mengukur suhu ekspansi dari *stirling engine* adalah sensor termokopel dimana termokopel adalah sensor suhu yang banyak digunakan untuk mengubah perbedaan suhu dalam benda menjadi perubahan tegangan listrik (*voltase*).

Prinsip kerja termokopel secara sederhana berupa dua buah kabel dari jenis logam yang berbeda ujungnya, hanya ujungnya saja, disatukan (dilas). Titik penyatuan ini disebut *hot junction*. Prinsip kerjanya memanfaatkan karakteristik hubungan antara tegangan (*volt*) dengan temperatur. Setiap jenis logam, pada temperatur tertentu memiliki tegangan tertentu pula. Pada temperatur yang sama, logam A memiliki tegangan yang berbeda dengan logam B, terjadilah perbedaan tegangan (kecil sekali, *miliVolt*) yang dapat dideteksi.

Pada tugas akhir ini sensor termokopel yang digunakan untuk memonitoring suhu pembakaran menggunakan sensor termokopel tipe K.



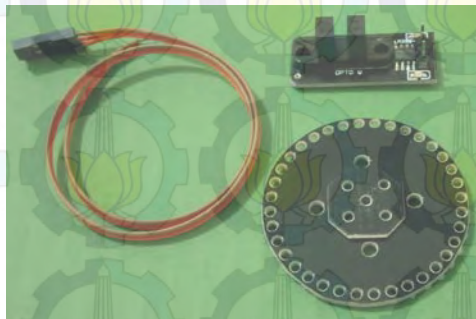
Gambar 3.2 Sensor termokopel

Gambar 3.3 Sensor LM35

3.2.3 Sensor *Optocoupler* (DI Rotary Encoder)

Sensor yang digunakan untuk mengukur kecepatan adalah sensor *optocoupler* dimana *optocoupler* digunakan sebagai mengukur kecepatan pada *stirling engine* dan motor DC. Optocoupler sendiri adalah suatu komponen penghubung (coupling) yang bekerja berdasarkan picu cahaya optic. Optocoupler terdiri dari 2 bagian yaitu:

1. *Transmitter* dibuat dari komponen LED infrared, Jika dibandingkan dengan LED biasa, LED infrared memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap sinyal tampak. Cahaya yang dipancarkan oleh LED infrared tidak terlihat oleh mata telanjang.
2. *Receiver* dibuat dari komponen Fototransistor. Fototransistor merupakan suatu transistor yang peka terhadap tenaga cahaya. Suatu sumber cahaya menghasilkan energi panas, begitu pula dengan spectrum infrared. Karena infrared memiliki efek panas yang lebih besar dari cahaya tampak, maka fototransistor lebih peka menangkap radiasi infrared.

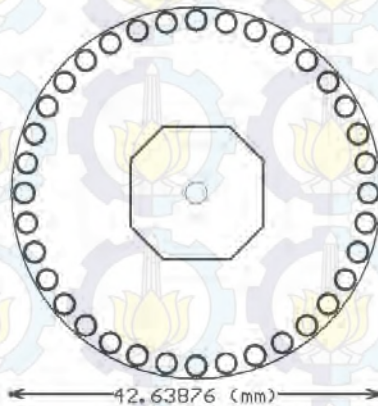


Gambar 3.4 Paket dalam modul DI-REV1

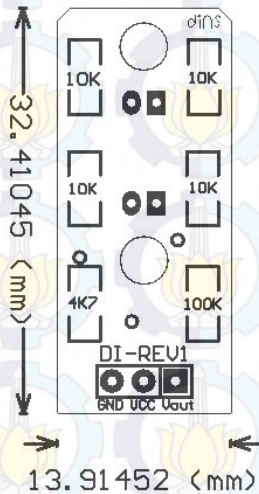
Spesifikasi:

- Terdiri dari dua bagian utama:

- Piringan derajat dengan 36 lubang pada kelilingnya dengan sudut antara dua lubang yang berdampingan terhadap titik tengahnya adalah 10° .
- Rangkaian sensor pembaca putaran yang menggunakan optocoupler tipe celah sebagai sensor pembaca perubahan posisi lubang piringan derajat.
- Tegangan-tegangan operasi:
 - Sumber (VCC): 3,5 – 5,5V
 - Logika output '0': 0 – 0,5V
 - Logika output '1': 3 – 5V (VCC – 0,5V)
- Logika output:
 - 0: Saat celah sensor terhalang
 - 1: Saat celah sensor tanpa-halangan
- Kecepatan baca sensor:
 - Kondisi logika *toggle* (0/1): 1500Hz
 - Rotasi dengan 36 lubang: 2500RPM



Gambar 3.5 Piringan Derajat DI-REV1



Gambar 3.6 Rangkaian Sensor DI-REV1

3.2.4 Arduino

Arduino merupakan sebuah alat kontrol dengan ukuran yang kecil. Arduino adalah rangkaian yang digunakan untuk pemrosesan sinyal dari sensor termokopel dan *optocoupler* menuju arduino.

Pada tugas akhir ini mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Uno dimana board mikrokontroler berbasis ATmega328. Uno memiliki 14 pin digital input / output (dimana 6 dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, resonator keramik 16 MHz, koneksi USB, jack listrik, header ICSP, dan tombol reset. Uno dibangun berdasarkan apa yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, sumber daya bisa menggunakan power USB (jika terhubung ke komputer dengan kabel USB) dan juga dengan adaptor atau baterai.



Gambar 3.7 Modul Arduino Uno

3.2.5 Kabel USB to Serial

Kabel *USB to Serial* merupakan sebuah kabel yang digunakan untuk menghubungkan antara rangkaian arduino ke PC.



Gambar 3.8 Kabel *usb to serial*

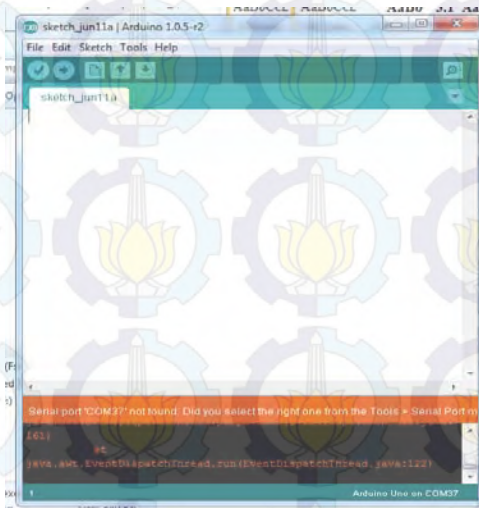
3.3 Perancangan Software Monitoring

Pada perancangan *software*, sistem menggunakan beberapa *software* untuk menjalankan program, yaitu Sketch arduino sebagai pemrosesan sinyal dan National Instrument

Labview 2012 sebagai *software* monitoring dan penampil grafik.

3.3.1 Sketch arduino

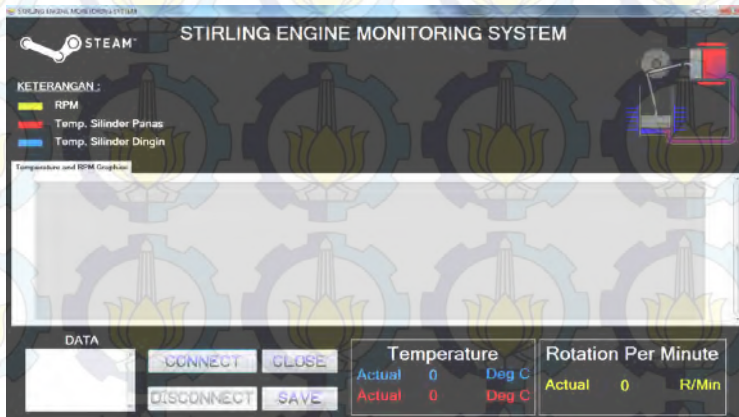
Sketch arduino merupakan *software* yang digunakan untuk mengatur keperluan yang akan diinginkan.



Gambar 3.9 *Sketch arduino*

3.3.2 Microsoft Visual Studio 2008

Microsoft Visual Studio 2008 digunakan sebagai program penampil grafik dengan aplikasi *chart*. Untuk mengkoneksikan antara *software sketch arduino* dengan *Microsoft Visual Studio* 2008.



Gambar 3.10 Sistem monitoring pada *Microsoft Visual Studio* 2008

Berikut adalah keterangan dari gambar 3.8 adalah sebagai berikut :

1. Layar Temperature dan RPM grafik adalah tempat tampilnya grafik dari hasil pembacaan sensor pada mesin *stirling engine*.
2. Tabel Data adalah tempat tampilnya data dari sensor – sensor yang berbentuk angka yang terdiri atas tiga variable data yaitu data suhu ekspansi, suhu kompresi, dan kecepatan.
3. Tombol *Connect* adalah tombol yang digunakan untuk menjalankan aplikasi dari sistem monitoring .
4. Tombol *Disconnect* adalah tombol yang digunakan untuk berhenti memonitoring.
5. Tombol *Close* adalah tombol yang digunakan untuk keluar dari aplikasi sistem monitoring.
6. Tombol *Save* adalah tombol yang digunakan untuk menyimpan data dari proses monitoring.
7. Layar *Temperature* adalah *display actual* dari proses

pembacaan suhu dimana yang warna merah untuk suhu ekspansi dan warna biru untuk suhu kompresi.

8. Layar RPM adalah *display actual* dari proses pembacaan kecepatan pada *stirling engine*.

3.4 Pengujian Alat Ukur

Pengujian alat ukur dilakukan untuk mengetahui apakah nilai yang dikeluarkan oleh alat ukur yang dibuat telah sesuai dengan keadaan sebenarnya. Setelah hardware dan software diintegrasikan maka yang dilakukan adalah melakukan pengujian terhadap sensor untuk mengetahui besar RPM dan suhu yang dikeluarkan telah sesuai dengan standar. Hasil pengujian nilai RPM dilakukan dengan menggunakan *stroboscope* yang diletakkan dengan jarak 60 cm dari alat ukur. Pengujian dilakukan dengan menjalankan mesin *stirling* selama 10 menit. Untuk mengetahui apakah nilai RPM sudah sesuai, maka hasil keluaran pada alat ukur dibandingkan dengan perhitungan RPM yang diukur dengan menggunakan alat standar yaitu *stroboscope* yang kemudian dibandingkan dan direkam selama 1 menit. Untuk hasil pengujian RPM dapat dilihat pada bab selanjutnya.

Pengujian alat ukur yang kedua yaitu pengujian *temperature* pada silinder panas dan silinder dingin. Sumber panas yang digunakan adalah gas pada tabung elpigi 3kg. Untuk mengetahui hasil pengukuran dari silinder panasnya yaitu hasil pengukuran alat yang menggunakan sensor termokopel dibandingkan dengan alat ukur standar yaitu *thermometer digital* yang dilakukan selama 10 menit, begitu juga untuk mengetahui hasil dari *temperature* silinder dinginnya tetapi sensor yang digunakan adalah LM35.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Untuk mengetahui keberhasilan dalam pembuatan alat, maka perlu untuk dilakukan pengujian terhadap alat yang telah dibuat, baik itu masukan, keluaran, atau variabel-variabel yang lainnya.

4.1 Hasil Pengujian dan Pengambilan Data Monitoring

Di bawah ini merupakan hasil dari eksperimen atau pengujian, dan pengambilan data monitoring. Data yang diambil dibagi menjadi 3 bagian, yaitu data hasil pengujian suhu silinder panas, data hasil pengujian suhu silinder dingin, dan data hasil pengujian kecepatan (RPM). Setelah didapatkan data, maka data dapat diolah dengan menggunakan beberapa rumus berikut.

1. Akurasi merupakan selisih antara nilai pengukuran dengan nilai sebenarnya. Nilai akurasi dapat dihitung menggunakan rumus di bawah ini.

$$A = 1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \times 100\% \quad (4.1)$$

dengan :

A = Akurasi

Y_n = Nilai Sebenarnya

X_n = Nilai Pengukuran

2. *Error* merupakan penyimpangan nilai pengukuran terhadap nilai sebenarnya.

$$\text{Prosen error \%} = \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \times 100\% \quad (4.2)$$

3. Standar deviasi merupakan ukuran penyebaran yang menunjukkan standar penyimpangan atau deviasi data terhadap rata-ratanya. Perhitungan standar deviasi ditunjukkan pada persamaan berikut :

$$STD = \sqrt{\frac{\sum (X_n - \bar{X}_n)^2}{n-1}} \quad (4.3)$$

dengan :

STD = Standar Deviasi

X_n = Nilai hasil pengukuran

\bar{X}_n = Nilai rata-rata hasil pengukuran

N = Banyaknya data

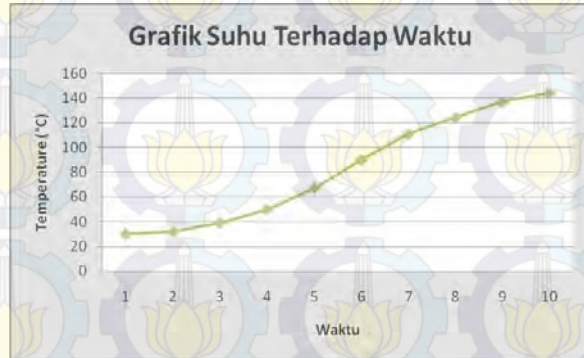
4.1.1 Pengujian Temperatur Sensor Termokopel

Tabel 4.1 Pengujian Sensor Termokopel

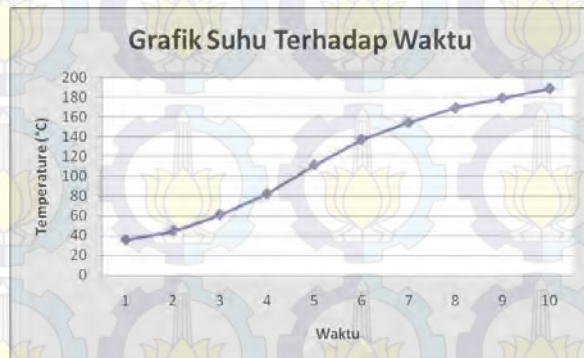
No	Pengujian n Standar	Pengujian n Alat	Korek si	Akur asi	Error	Standar Devias i
1	30	35,50	5,,5	81,67	-18,33	117,76
2	31,80	44,50	12,7	60,06	-39,93	
3	39	61,25	22,25	42,94	-57,05	
4	50	82,25	32,25	35,5	-64,5	
5	67,3	111,50	44,2	34,32	-65,67	
6	90	137,25	47,25	47,5	-52,5	
7	111	154,25	43,25	61,03	-38,96	
8	124,32	169,25	44,93	63,85	-36,14	
9	137	179,25	42,25	69,16	-30,83	
10	144,24	188,75	44,51	69,14	-30,85	
			339,09	56,52	-43,48	

Pengambilan data dilakukan sebanyak 10 kali dengan rentang waktu 1 menit setiap pengambilan data. Sensor Termokopel adalah sensor yang digunakan pada proses

pengendalian temperatur ini. Pengujian pada rangkaian sensor adalah mengukur tegangan keluaran dari rangkaian yang masuk ke rangkaian *Analog to Digital Converter (ADC)* yang sudah tersedia di dalam rangkaian Mikrokontroler Arduino Uno.



Gambar 4.1 Grafik suhu terhadap waktu pada pengujian standar



Gambar 4.2 Grafik suhu terhadap waktu pada pengujian alat

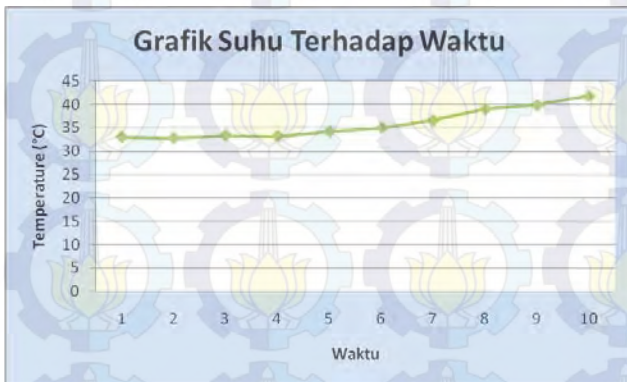
4.1.2 Pengujian Temperatur Sensor Suhu LM35

Pada pengujian sensor LM35, range suhu yang digunakan untuk pengujian adalah antara *temperature* 30°C

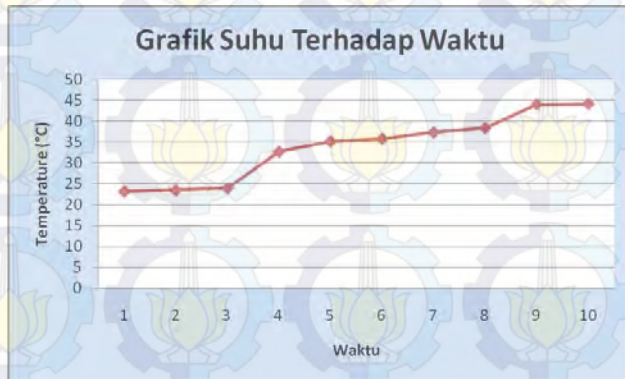
sampai 50 °C. Pengambilan data dilakukan sebanyak 10 kali dengan rentang waktu 1 menit setiap pengambilan data. Dari data tersebut diatas diketahui bahwa keluaran tegangan dari suhu terendah hingga suhu tertinggi mengalami kenaikan tegangan.

Tabel 4.2 Pengujian Sensor Suhu LM35

No	Pengujian Standar	Pengujian Alat	Koreksi	Akurasi	Error	Standar Deviasi
1	33	23,13	-9,87	129,90	29,90	6,07
2	32,8	23,44	-9,36	128,53	28,53	
3	33,4	23,93	-9,47	128,35	28,35	
4	33,2	32,64	-0,56	101,68	1,68	
5	34,2	35,11	0,91	97,33	-2,66	
6	35	35,71	0,71	97,97	-2,02	
7	36,6	37,21	0,61	98,33	-1,66	
8	39	38,30	-0,7	101,79	-1,79	
9	39,8	43,95	4,15	89,57	-10,42	
10	41,8	44,09	2,29	94,52	-5,47	
			-21,29	106,80	6,80	



Gambar 4.3 Grafik suhu terhadap waktu pada pengujian standar



Gambar 4.4 Grafik suhu terhadap waktu pada pengujian alat

Dari grafik diatas dapat dilihat Vout atau keluaran dari sensor LM35 yang berupa tegangan berbanding lurus dengan laju kenaikan suhu. Hal ini kemudian dapat diartikan bahwa kinerja dari sensor suhu LM35 adalah stabil.

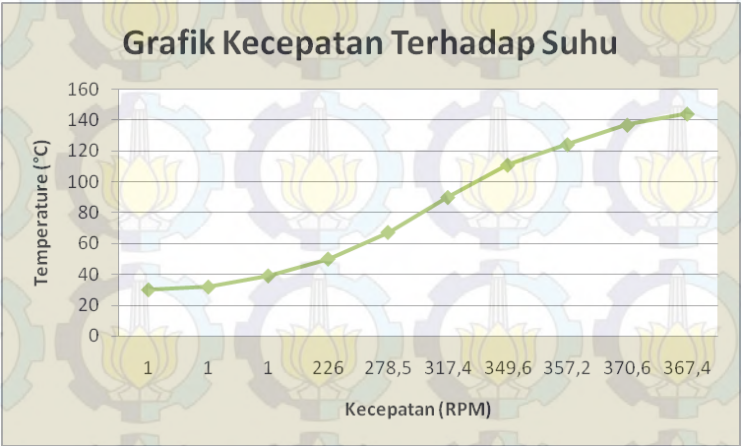
4.1.3 Pengujian RPM

Pengujian RPM dilakukan untuk mengetahui apakah RPM yang dibaca oleh alat yang dibuat telah sesuai dengan kenyataannya. Pengujian RPM dilakukan dengan membandingkan nilai RPM yang dibaca oleh alat dengan perhitungan RPM secara manual (melalui rekaman) selama 1 menit setiap pengambilan data. Berikut merupakan hasil uji RPM :

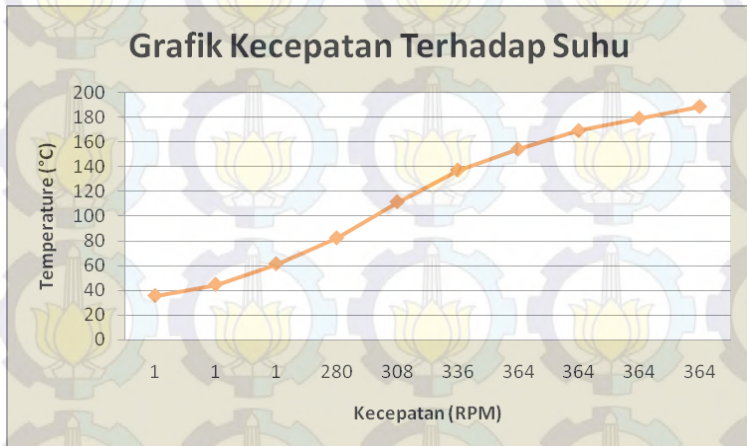
Tabel 4.4 Pengujian RPM Mesin Stirling

No	Pengujian Standar	Pengujian Alat	Koreksi	Akurasi	Error	Standar Deviasi
1	1	1	1	81,67	0	
2	1	1	1	60,06	0	
3	1	1	1	42,94	0	
4	226	280	54	35,5	-23,89	

5	278,5	308	29,5	34,32	-10,59	43,81
6	317,4	336	18,6	47,5	-5,86	
7	349,6	364	14,4	61,03	-4,11	
8	357,2	364	6,8	63,85	-1,90	
9	370,6	364	-6,6	69,16	1,78	
10	367,4	364	-3,4	69,14	0,92	
			113,3	95,63	-4,36	



Gambar 4.5 Grafik kecepatan terhadap suhu pada pengujian standar



Gambar 4.6 Grafik kecepatan terhadap suhu pada pengujian alat

Dari hasil pengujian RPM didapatkan kesimpulan bahwa RPM yang dibaca oleh alat mendekati nilai RPM sebenarnya.

4.2 Analisa Data dan Pembahasan

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah dapat merancang sistem monitoring suhu dan kecepatan pada mesin *stirling engine* untuk mengetahui suhu ideal yang digunakan untuk menggerakkan mesin tersebut dan memonitoring kecepatan mesinnya.

Pengujian alat dilakukan setelah di yakini semua instrument yang digunakan dapat berjalan dengan baik. Mulai dari *plant* yang digunakan untuk melakukan proses, sensor, *controller*, dan monitoring dari plant tersebut. Pada tugas akhir ini, dilakukan 3 macam pengujian guna untuk mengetahui bagaimana kinerja dari mesin *stirling engine* ini. Pengujian yang pertama yang menguji sensor termokopel untuk memonitoring suhu pada silinder panasnya, yang kedua menguji sensor LM35 untuk memonitoring pada silinder dinginya, dan pengujian sensor *optocoupler* untuk

memonitoring kecepatannya.

Berdasarkan hasil pengujian sensor termokopel antara pengujian standar dengan pengujian alat didapat nilai rata – rata koreksi sebesar 339,09, nilai rata – rata akurasi sebesar 56,52 %, nilai rata – rata error sebesar -43,48 , dan standar deviasi sebesar 117,76. Untuk pengujian sensor LM35 juga didapat nilai rata – rata koreksi sebesar -21,29, nilai rata – rata akurasi sebesar 106,80 %, nilai rata –rata error sebesar 6,80 , dan standar deviasi sebesar 6,07. Sedangkan hasil pengujian kecepatan pada mesin stirling yang dilakukan mempunyai nilai rata- rata koreksi sebesar 113,3, nilai rata – rata akurasi sebesar 95,63 %, nilai rata – rata error sebesar -4,36 , dan nilai standar deviasi sebesar 43,81.

Proses monitoring dari beberapa sensor menggunakan tegangan vcc 5V dari arduino. semua sensor bekerja dengan baik dan sistem monitoring dapat berjalan dengan lancar. Maka output dari rangkaian mikrokontroller akan menghasilkan output berupa tampilan LCD dan di displaykan ke monitor untuk memudahkan proses monitoring dari *mini plant* tersebut. Dari data-data baik pada monitoring suhu dan kecepatan pengujian alat yang diperoleh terlihat bahwa alat ini bekerja dengan cukup baik.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil pengujian alat ukur sensor termokopel untuk mengetahui *temperature* dari silinder panas didapat hasil nilai rata – rata koreksi sebesar 339,09, nilai rata – rata akurasi sebesar 56,52 %, nilai rata – rata error sebesar - 43,48, dan nilai standar deviasi sebesar 117,76.
2. Hasil pengujian alat ukur sensor LM35 untuk mengetahui *temperature* dari silinder dingin didapat hasil nilai rata – rata koreksi sebesar -21,29, nilai rata – rata akurasi sebesar 106,80 %, nilai rata – rata error sebesar 6,80, dan nilai standar deviasi sebesar 6,07.
3. Hasil pengujian alat ukur kecepatan menggunakan sensor optocoupler didapat hasil nilai rata – rata koreksi sebesar 113,3, nilai rata – rata akurasi sebesar 95,63 %, nilai rata – rata error sebesar -4,36, dan nilai standar deviasi sebesar 43,81.

5.2 Saran

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam kelanjutan penelitian pada *Mini plant* ini, antara lain :

1. Sistem monitoring pada mini plant sudah cukup baik dan bisa ditambahkan SIS (*Safety Instrumented System*) untuk menunjang sistem proteksi pada proses yang sedang berjalan.
2. Perlu dipertimbangkan lagi dalam masalah pemasangan serta pemilihan alat ukur yang akan digunakan supaya hasil yang didapat lebih efisien.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

1. Arduino Indonesia, 2013, arduino uno, http://arduino.or.id/hardware/detail_hardware/8, diakses 13 juni 2014
2. Rivai Muhamad, 2012, *Sistem Monitoring Arus Listrik Jala-Jala Menggunakan Power Line Carrier*, Surabaya : ITS, diakses 13 juni 2014
3. Kuswanto Heri, 2010, *ALAT UKUR LISTRIK AC (ARUS, TEGANGAN, DAYA) DENGAN PORT PARALEL*, Surakarta : UNS, diakses 15 juni 2014
4. Artanto, Dian. 2012. *Interaksi Arduino dan LabView*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo. diakses 15 juni 2014
5. Banzi, Massimo. 2008. *Getting Started With Arduino*. USA: O'Reilly Media, Inc. diakses 15 juni 2014
6. Adi Kurniadi, *Pemrograman Visual Basic*, Elex Media Komputindo, Jakarta, 2000. diakses 15 juni 2014
7. Abdul Kadir. *Pengolahan Basis Data dengan Visual Basic.Net* 2008. Penerbit Andi Yogyakarta, Yogyakarta. 2001. diakses 20 juni 2014

LAMPIRAN A

DATASHEET ARDUINO UNO

Arduino UNO



Product Overview

The Arduino Uno is a microcontroller board based on the ATmega328 ([datasheet](#)). It has 14 digital input/output pins (of which 6 can be used as PWM outputs), 6 analog inputs, a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Uno differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the ATmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.

"Uno" means one in Italian and is named to mark the upcoming release of Arduino 1.0. The Uno and version 1.0 will be the reference versions of Arduino, moving forward. The Uno is the latest in a series of USB Arduino boards, and the reference model for the Arduino platform; for a comparison with previous versions, see the [index of Arduino boards](#).

Index

Technical Specifications

Page 2

How to use Arduino Programming Environment, Basic Tutorials

Page 6

Terms & Conditions

Page 7

Environmental Policies half sqm of green via Impatto Zero®

Page 7



radiospares

RADIONICS



Technical Specification

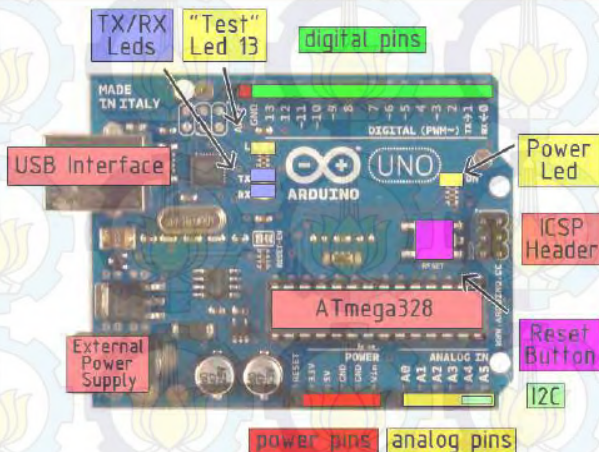


EAGLE files: [arduino-dumailan-oye-uno-design.zip](#) Schematic: [arduino-uno-schematic.pdf](#)

Summary

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz

the board



radiospares

RADIONICS



Power

The Arduino Uno can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The power pins are as follows:

- **VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V.** The regulated power supply used to power the microcontroller and other components on the board. This can come either from VIN via an on-board regulator, or be supplied by USB or another regulated 5V supply.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

Memory

The Atmega328 has 32 KB of flash memory for storing code (of which 0.5 KB is used for the bootloader); it has also 2 KB of SRAM and 1 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

Input and Output

Each of the 14 digital pins on the Uno can be used as an input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. These pins are connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts: 2 and 3.** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- **PWM: 3, 5, 6, 9, 10, and 11.** Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.
- **SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).** These pins support SPI communication, which, although provided by the underlying hardware, is not currently included in the Arduino language.
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.



RADIOSPARES

RADIONICS



The Uno has 6 analog inputs, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though is it possible to change the upper end of their range using the AREF pin and the [analogReference\(\)](#) function. Additionally, some pins have specialized functionality.

- **I²C: 4 (SDA) and 5 (SCL).** Support I²C (TWI) communication using the [Wire library](#).

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with [analogReference\(\)](#).
- **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

See also the [mapping between Arduino pins and Atmega328 ports](#).

Communication

The Arduino Uno has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega328 provides UART TTL (5V) serial communication, which is available on digital pins 0 (RX) and 1 (TX). An ATmega8U2 on the board channels this serial communication over USB and appears as a virtual com port to software on the computer. The '8U2 firmware uses the standard USB COM drivers, and no external driver is needed. However, on Windows, an *.inf file is required...

The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the Arduino board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the USB-to-serial chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A [SoftwareSerial library](#) allows for serial communication on any of the Uno's digital pins.

The ATmega328 also support I²C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a Wire library to simplify use of the I²C bus; see the [documentation](#) for details. To use the SPI communication, please see the ATmega328 datasheet.

Programming

The Arduino Uno can be programmed with the Arduino software ([download](#)). Select "Arduino Uno w/ ATmega328" from the **Tools > Board** menu (according to the microcontroller on your board). For details, see the [reference](#) and [tutorials](#).

The ATmega328 on the Arduino Uno comes preburned with a [bootloader](#) that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol ([reference](#), [C header files](#)).

You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see [these instructions](#) for details.

The ATmega8U2 firmware source code is available . The ATmega8U2 is loaded with a DFU bootloader, which can be activated by connecting the solder jumper on the back of the board (near the map of Italy) and then resetting the 8U2. You can then use [Atmel's FLIP software](#) (Windows) or the [DFU programmer](#) (Mac OS X and Linux) to load a new firmware. Or you can use the ISP header with an external programmer (overwriting the DFU bootloader).



radiospares

RADIONICS



Automatic (Software) Reset

Rather than requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Uno is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the ATmega8U2 is connected to the reset line of the ATmega328 via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload.

This setup has other implications. When the Uno is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-second or so, the bootloader is running on the Uno. While it is programmed to ignore malformed data (i.e. anything besides an upload of new code), it will intercept the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or other data when it first starts, make sure that the software with which it communicates waits a second after opening the connection and before sending this data.

The Uno contains a trace that can be cut to disable the auto-reset. The pads on either side of the trace can be soldered together to re-enable it. It's labeled "RESET-EN". You may also be able to disable the auto-reset by connecting a 110 ohm resistor from 5V to the reset line; see [this forum thread](#) for details.

USB Overcurrent Protection

The Arduino Uno has a resettable polyfuse that protects your computer's USB ports from shorts and overcurrent. Although most computers provide their own internal protection, the fuse provides an extra layer of protection. If more than 500 mA is applied to the USB port, the fuse will automatically break the connection until the short or overload is removed.

Physical Characteristics

The maximum length and width of the Uno PCB are 2.7 and 2.1 inches respectively, with the USB connector and power jack extending beyond the former dimension. Three screw holes allow the board to be attached to a surface or case. Note that the distance between digital pins 7 and 8 is 160 mil (0.16"), not an even multiple of the 100 mil spacing of the other pins.



radiospares

RADIONICS



How to use Arduino



Arduino can sense the environment by receiving input from a variety of sensors and can affect its surroundings by controlling lights, motors, and other actuators. The microcontroller on the board is programmed using the [Arduino programming language](#) (based on [Wiring](#)) and the Arduino development environment (based on [Processing](#)). Arduino projects can be stand-alone or they can communicate with software on running on a computer (e.g. Flash, Processing, MaxMSP).

Arduino is a cross-platform program. You'll have to follow different instructions for your personal OS. Check on the [Arduino site](#) for the latest instructions. <http://arduino.cc/en/Guide/HomePage>

Linux Install

Windows Install

Mac Install

Once you have downloaded/unzipped the arduino IDE, you can Plug the Arduino to your PC via USB cable.

Blink led

Now you're actually ready to "burn" your first program on the arduino board. To select "blink led", the physical translation of the well known programming 'hello world', select

**File>Sketchbook>
Arduino-0017>Examples>
Digital>Blink**

Once you have your sketch you'll see something very close to the screenshot on the right.

In **Tools>Board** select

Now you have to go to **Tools>SerialPort** and select the right serial port, the one arduino is attached to.



Press Compile button
(to check for errors)

Done compiling



Upload



TX RX Flashing



Blinking Led!

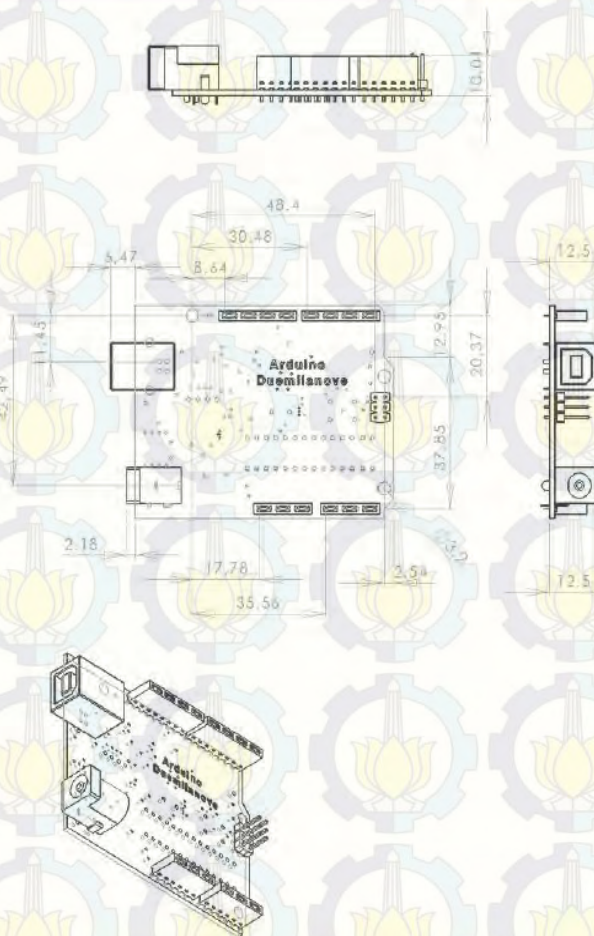


radiospares

RADIONICS



Dimensioned Drawing



Radiospares

RADIONICS



Terms & Conditions



1. Warranties

1.1 The producer warrants that its products will conform to the Specifications. This warranty lasts for one (1) years from the date of the sale. The producer shall not be liable for any defects that are caused by neglect, misuse or mistreatment by the Customer, including improper installation or testing, or for any products that have been altered or modified in any way by a Customer. Moreover, the producer shall not be liable for any defects that result from Customer's design, specifications or instructions for such products. Testing and other quality control techniques are used to the extent the producer deems necessary.

1.2 If any products fail to conform to the warranty set forth above, the producer's sole liability shall be to replace such products. The producer's liability shall be limited to products that are determined by the producer not to conform to such warranty. If the producer elects to replace such products, the producer shall have a reasonable time to replacements. Replaced products shall be warranted for a new full warranty period.

1.3 EXCEPT AS SET FORTH ABOVE, PRODUCTS ARE PROVIDED "AS IS" AND "WITH ALL FAULTS." THE PRODUCER DISCLAIMS ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, REGARDING PRODUCTS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO, ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE.

1.4 Customer agrees that, prior to using any systems that include the producer products, Customer will test such systems and the functionality of the products as used in such systems. The producer may provide technical, applications or design advice, quality characterization, reliability data or other services. Customer acknowledges and agrees that providing these services shall not depend or otherwise alter the producer's warranties, as set forth above, and no additional obligations or liabilities shall arise from the producer providing such services.

1.5 The Arduino[®] products are not authorized for use in safety-critical applications where a failure of the product would reasonably be expected to cause severe personal injury or death. Safety-Critical Applications include, without limitation, life support devices and systems, equipment or systems for the operation of nuclear facilities and weapons systems. Arduino[®] products are neither designed nor intended for use in military or aerospace applications or environments and for automotive applications or environment. Customer acknowledges and agrees that any such use of Arduino[®] products which is solely at the Customer's risk, and that Customer is solely responsible for compliance with all legal and regulatory requirements in connection with such use.

1.6 Customer acknowledges and agrees that it is solely responsible for compliance with all legal, regulatory and safety-related requirements concerning its products and any use of Arduino[®] products in Customer's applications, notwithstanding any applications-related information or support that may be provided by the producer.

2. Indemnification

The Customer acknowledges and agrees to defend, indemnify and hold harmless the producer from and against any and all third-party losses, damages, liabilities and expenses it incurs to the extent directly caused by: (i) an actual breach by a Customer of the representation and warranties made under this section and conditions or (ii) the gross negligence or willful misconduct by the Customer.

3. Consequential Damages Waiver

In no event the producer shall be liable to the Customer or any third parties for any special, collateral, indirect, punitive, incidental, consequential or exemplary damages in connection with or arising out of the products provided hereunder, regardless of whether the producer has been advised of the possibility of such damages. This section will survive the termination of the warranty period.

4. Changes to specifications

The producer may make changes to specifications and product descriptions at any time, without notice. The Customer must not rely on the absence or characteristics of any features or instructions marked "reserved" or "undefined." The producer reserves these for future definition and shall have no responsibility whatsoever for conflicts or incompatibilities arising from future changes to them. The product information on the Web Site or Materials is subject to change without notice. Do not finalize a design with this information.

Environmental Policies



The producer of Arduino[™] has joined the Impatto Zero[®] policy of LifeGate.it. For each Arduino board produced is created / looked after half squared Km of Costa Rica's forest's.



RADIOSPARES

RADIONICS



LAMPIRAN B

DATASHEET LM35



LM35 - Precision Centigrade Temperature Sensor

Features

- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear ± 10.0 mV/°C scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteeable (at $+25^{\circ}\text{C}$)
- Rated for full -55° to $+150^{\circ}\text{C}$ range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than 60 μA current drain
- Low self-heating, 0.08°C in still air
- Nonlinearity only $\pm 1/2^{\circ}\text{C}$ typical
- Low impedance output, 0.1 Ohm for 1 mA load

General Description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature.

Typical Application



Parametric Table [expand](#)

Supply Min	4 Volt
Quiescent Current	56 μA
Temperature Min	-40, -55, 0 deg C
Temperature Max	100, 110, 150 deg C
Sensor Gain	10 mV/Deg C



LM35

Precision Centigrade Temperature Sensors

General Description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of $\pm 1/4^\circ\text{C}$ at room temperature and $\pm 1/4^\circ\text{C}$ over a full -55 to $+150^\circ\text{C}$ temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only $60\text{ }\mu\text{A}$ from its supply, it has very low self-heating, less than 0.1°C in still air. The LM35 is rated to operate over a -55 to $+150^\circ\text{C}$ temperature range, while the LM35C is rated for a -40 to $+110^\circ\text{C}$ range ($\sim 1^\circ$ with improved accuracy). The LM35 series is available pack-

aged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-220 package.

Features

- Calibrated directly in $^\circ\text{Celsius}$ (Centigrade)
- Linear $+10.0\text{ mV}/^\circ\text{C}$ scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteeable (at $+25^\circ\text{C}$)
- Rated for full -55 to $+150^\circ\text{C}$ range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than $60\text{ }\mu\text{A}$ current drain
- Low self-heating, 0.08°C in still air
- Nonlinearity only $\pm 1/4^\circ\text{C}$ typical
- Low impedance output, $0.1\text{ }\Omega$ for 1 mA load

Typical Applications

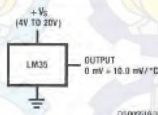
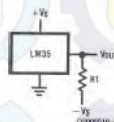


FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor ($+2^\circ\text{C}$ to $+150^\circ\text{C}$)



Choose $R_1 = -V_{OUT}/50\text{ }\mu\text{A}$
 $V_{OUT} = +1.500\text{ mV at } +150^\circ\text{C}$
 $= +2.50\text{ mV at } +25^\circ\text{C}$
 $= -5.50\text{ mV at } -55^\circ\text{C}$

FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor

Absolute Maximum Ratings (Note 10)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	+35V to -0.2V
Output Voltage	+6V to -1.0V
Output Current	10 mA
Storage Temp.	
TO-46 Package,	-60°C to +180°C
TO-92 Package,	-60°C to +150°C
SO-8 Package,	-65°C to +150°C
TO-220 Package,	-55°C to +150°C
Lead Temp.	
TO-46 Package,	
(Soldering, 10 seconds)	300°C

TO-82 and TO-220 Package,	
(Soldering, 10 seconds)	260°C
SO Package (Note 12)	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C
ESD Susceptibility (Note 11)	2500V
Specified Operating Temperature Range: T_{MIN} to T_{MAX}	
LM35, LM35A	-55°C to +150°C
LM35C, LM35CA	-40°C to +110°C
LM35D	0°C to +100°C

Electrical Characteristics

(Notes 1, 6)

Parameter	Conditions	LM35A			LM35CA			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.2	± 0.5		± 0.2	± 0.5		°C
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	± 0.3			± 0.3			°C
	$T_A = T_{MAX}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0	± 1.0	°C
	$T_A = T_{MIN}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4		± 1.5	°C
Nonlinearity (Note 8)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	± 0.18		± 0.35	± 0.15		± 0.3	°C
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	$+10.0$	$+9.9$, $+10.1$		$+10.0$		$+9.9$, $+10.1$	mV/°C
Load Regulation (Note 3) $0.5I_L \leq 1 \text{ mA}$	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		mV/mA
	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	± 0.5		± 3.0	± 0.5		± 3.0	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.01	± 0.05		± 0.01	± 0.05		mV/V
	$4V \leq V_{CC} \leq 30V$	± 0.02		± 0.1	± 0.02		± 0.1	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_{CC} = +5V$, $+25^\circ\text{C}$	56	67		56	67		μA
	$V_{CC} = +5V$	105		131	91		114	μA
	$V_{CC} = +30V$, $+25^\circ\text{C}$	56.2	68		56.2	68		μA
	$V_{CC} = +30V$	105.5		133	91.5		116	μA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4V \leq V_{CC} \leq 30V$, $+25^\circ\text{C}$	0.2	1.0		0.2	1.0		μA
	$4V \leq V_{CC} \leq 30V$	0.5		2.0	0.5		2.0	μA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		$+0.39$		$+0.5$	$+0.39$		$+0.5$	μA/°C
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	$+1.5$		$+2.0$	$+1.5$		$+2.0$	°C
Long Term Stability	$T_A = T_{MAX}$, 10T 1000 hours	± 0.08			± 0.08			°C

Electrical Characteristics

(Notes 1, 6)

Parameter	Conditions	LM35			LM35C, LM35D			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy, LM35, LM35C (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		$^\circ\text{C}$
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	± 0.5			± 0.5		± 1.5	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$	± 0.8	± 1.5		± 0.8		± 1.5	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$	± 0.8		± 1.5	± 0.8		± 2.0	$^\circ\text{C}$
Accuracy, LM35D (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$				± 0.6	± 1.5		$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$				± 0.9		± 2.0	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$				± 0.9		± 2.0	$^\circ\text{C}$
Nonlinearity (Note 6)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	± 0.3		± 0.5	± 0.2		± 0.5	$^\circ\text{C}$
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	$+10.0$	$+9.8$, $+10.2$		$+10.0$		$+9.8$, $+10.2$	mV/ $^\circ\text{C}$
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1 \text{ mA}$	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 2.0		± 0.4	± 2.0		mV/mA
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	± 0.5		± 5.0	± 0.5		± 5.0	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.01	± 0.1		± 0.01	± 0.1		mV/V
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	± 0.02		± 0.2	± 0.02		± 0.2	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56	80		56	80		μA
	$V_S = +5\text{V}$	105		158	91		138	μA
	$V_S = +30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56.2	82		56.2	82		μA
	$V_S = +30\text{V}$	105.5		161	91.5		141	μA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	0.2	2.0		0.2	2.0		μA
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	0.5		3.0	0.5		3.0	μA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		$+0.39$		$+0.7$	$+0.39$		$+0.7$	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	$+1.5$		$+2.0$	$+1.5$		$+2.0$	$^\circ\text{C}$
Long Term Stability	$T_A = T_{\text{MAX}}$, for 1000 hours	± 0.08			± 0.08			$^\circ\text{C}$

Note 1: Unless otherwise noted, these specifications apply: $-55^\circ\text{C} \leq T_A \leq +150^\circ\text{C}$ for the LM35 and LM35A; $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +110^\circ\text{C}$ for the LM35C and LM35D; and $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +100^\circ\text{C}$ for the LM35D. $V_S = +5\text{Vdc}$ and $I_{\text{LOAD}} = 0 \text{ A}$, in the circuit of Figure 2. These specifications also apply from $+2^\circ\text{C}$ to T_{MAX} in the circuit of Figure 1. Specifications in **boldface** apply over the full rated temperature range.

Note 2: Thermal resistance of the TO-46 package is $400^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to ambient, and $24^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to case. Thermal resistance of the TO-92 package is $180^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to ambient. Thermal resistance of the small outline molded package is $22^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to ambient. Thermal resistance of the TO-220 package is $90^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to ambient. For additional thermal resistance information see table in the Applications section.

Note 3: Regulation is measured at constant junction temperature, using pulse testing with a low duty cycle. Changes in output due to heating effects can be computed by multiplying the internal dissipation by the thermal resistance.

Note 4: Bold limits are guaranteed (but not 100% production tested) over the indicated temperature and supply voltage ranges. These limits are not used to calculate outgoing quality levels.

Note 5: Design Limits are guaranteed (but not 100% production tested) over the indicated temperature and supply voltage ranges. These limits are not used to calculate outgoing quality levels.

Note 6: Specifications in **boldface** apply over the full rated temperature range.

Note 7: Accuracy is defined as the error between the output voltage and $10 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ times the device's case temperature, at specified conditions of voltage, current, and temperature (expressed in $^\circ\text{C}$).

Note 8: Nonlinearity is defined as the deviation of the output-voltage-versus-temperature curve from the best-fit straight line, over the device's rated temperature range.

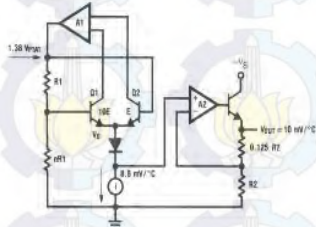
Note 9: Quiescent current is defined in the circuit of Figure 1.

Note 10: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its rated operating conditions. See Note 1.

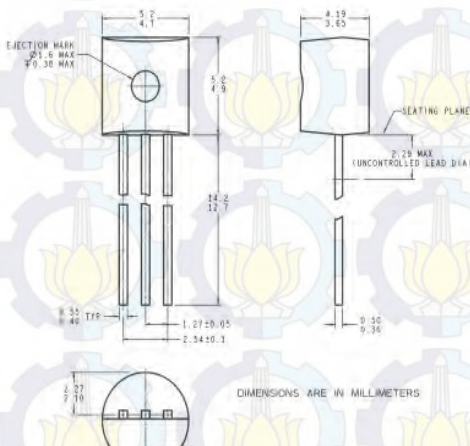
Note 11: Human body model, 100 pF discharged through a $1.5 \text{ k}\Omega$ resistor.

Note 12: See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" or the section titled "Surface Mount" found in a current National Semiconductor Linear Data Book for other methods of applying surface mount devices.

Block Diagram



Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



TO-82 Plastic Package (Z)
Order Number LM35CZ, LM35CAZ or LM35DZ
NS Package Number 203A

LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

LAMPIRAN C

DATASHEET TERMOKOPEL

Manual MAX6675 K-Type Thermocouple Temperature Sensor

MAX6675 K-Type Thermocouple Temperature Sensor



User Manual

Indo-ware
Electronic Easy & Fun
Email Customer:
sales@indo-ware.com
Email Technical:
support@indo-ware.com
Facebook: www.facebook.com/IndoWare

Manual MAX6675 K-Type Thermocouple Temperature Sensor

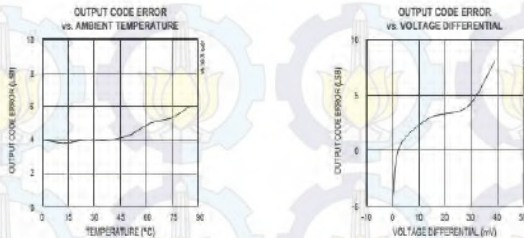
Gambaran Umum

MAX6675 dibentuk dari kompensasi cold-junction yang outputnya didigitalisasi dari sinyal termokopel tipe-K. data output memiliki resolusi 12-bit dan mendukung komunikasi SPI mikrokontroler secara umum. Data dapat dibaca dengan mengkonversi hasil pembacaan 12-bit data.

Fitur

- Konversi digital langsung dari output termokopel tipe-K
- Kompensasi cold-junction
- Komunikasi kompatibel dengan protocol SPI
- Open thermocouple detection

Karakteristik



(sumber datasheet MAX6675)

Cold-Junction Compensation

Fungsi dari termokopel adalah untuk mengetahui perbedaan temperature di bagian ujung dari dua bagian metal yang berbeda dan disatukan. Termokopel tipe *hot junction* dapat mengukur mulai dari 0°C sampai +1023,75°C. MAX6675 memiliki bagian ujung *cold end* yang hanya dapat mengukur -20°C sampai +85°C. Pada saat bagian *cold end* MAX6675 mengalami fluktuasi suhu maka MAX6675 akan tetap dapat mengukur secara akurat perbedaan temperature pada bagian yang lain. MAX6675 dapat melakukan koreksi atas perubahan pada temperature ambient dengan kompensasi *cold-junction*. Device mengkonversi temperature ambient yang terjadi ke bentuk tegangan menggunakan sensor temperature diode. Untuk dapat melakukan pengukuran actual, MAX6675 mengukur tegangan dari output termokopel dan tegangan dari sensing diode.

Manual MAX6675 K-Type Thermocouple Temperature Sensor

Performance optimal MAX6675 dapat tercapai pada waktu termokopel bagian *cold-junction* dan MAX6675 memiliki temperature yang sama. Hal ini untuk menghindari penempatan komponen lain yang menghasilkan panas didekat MAX6675.

Konversi Temperatur

Untuk mendapatkan nilai suhu pada termokopel tipe-K, perubahan tegangan sebesar $41\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ dengan menggunakan pendekatan karakteristik dapat menggunakan rumus dibawah ini:

$$V_{OUT} = (41\mu\text{V} / ^{\circ}\text{C}) \cdot 5 (T_R - T_{AMB})$$

Dengan:

$$V_{OUT} = \text{Voutput termokopel } (\mu\text{V})$$

T_R adalah temperatur remote junction ($^{\circ}\text{C}$)

T_{AMB} adalah temperature ambient ($^{\circ}\text{C}$)

Timing Clock



Protokol Interfacing Serial

The timing diagram illustrates the SPI interface signals: $\overline{\text{CS\#}}$ (chip select), SCK (serial clock), and SDI (serial data input). The $\overline{\text{CS\#}}$ signal is active-low and is asserted before the first data byte is shifted out. The SCK signal is a periodic clock. The SDI signal shows the data being shifted out, with each byte consisting of 8 bits. The diagram includes labels for setup and hold times (t_{su} , t_{ho}) and a delay time (t_{D}).

BIT	DUMMY SIGN BIT	12-BIT TEMPERATURE READING												THERMOCOUPLE INPUT	DEVICE ID	STATE
		14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3			
Bit	15													2	1	0
	0	MSB											LSB		0	Three- state

Program Testing

- Sistem minimum mikrokontroler ATmega32
- Modul LCD 16x2
- Modul Sensor Temperatur Termokopel tipe-K MAX6675

@2014 www.indo-ware.com

Manual MAX6675 K-Type Thermocouple Temperature Sensor

```
void main(void)
{
    // Port B initialization
    // Function: Bit7=Out Bit6=In Bit5=Out Bit4=Out Bit3=In Bit2=In Bit1=In Bit0=In
    DDRB=(1<<00B7)|(1<<00B6)|(1<<00B5)|(1<<00B4)|(1<<00B3)|(1<<00B2)|(1<<00B1)|(1<<00B0);
    // State: Bit7=0 Bit6=1 Bit5=0 Bit4=0 Bit3=1 Bit2=1 Bit1=1 Bit0=1
    PORTB=(0<<PORTB7)|(1<<PORTB6)|(0<<PORTB5)|(0<<PORTB4)|(1<<PORTB3)|(1<<PORTB2)|(1<<PORTB1)|(1<<PORTB0);

    // SPI initialization
    // SPI Type Master
    // SPI Clock Rate: 2764800 Hz
    // SPI Clock Phase: Cycle Start
    // SPI Clock Polarity: Low
    // SPI Data Order: MSB First
    SPDR=(1<<SPR1)|(1<<SPR0)|(1<<CPOL)|(1<<CPHA)|(1<<SPR3)|(1<<SPR2)|(1<<SPR0);
    SPSR=(1<<SPI2X);

    // Alphanumeric LCD initialization
    // Connections are specified in the
    // Project/Configure/C Compiler/Libraries/Alphanumeric LCD menu:
    // RS - PORTA Bit 0
    // RD - PORTA Bit 1
    // EN - PORTA Bit 2
    // D4 - PORTA Bit 4
    // D5 - PORTA Bit 5
    // D6 - PORTA Bit 6
    // D7 - PORTA Bit 7
    // Characters/line: 16
    lcd_init(16);

    while (1)
    {
        // Place your code here
        /* read the MSB using SPI */
        PORTB.4=0;
        result=(unsigned) spi(0)<<8;
        /* read the LSB using SPI and combine with MSB */
        result|=spi(0);
        PORTB.4=1;
        sprintf(buffer, "Vade=%4umV", result);
        lcd_clear();
        lcd_gotoxy(0,0);lcd_puts(buffer);
        /* calculate the voltage in [mV] */
        result=(unsigned) ((unsigned long) result*5.000/4096);
        sprintf(buffer, "Vade=%4.0%u %cC", result/40, (result%40)/10.0F);
        //lcd_clear();
    }
}
```



Manual MAX6675 K-Type Thermocouple Temperature Sensor

```
led_gpiow(0);led_puts(led_buffer);  
delay_ms(500);  
}
```


LAMPIRAN D

DATASHEET OPTOCOUPLER

ACPL-217

DC Input, Half-Pitch Phototransistor Optocoupler

AVAGO
TECHNOLOGIES

Data Sheet



Lead (Pb) Free
RoHS 6 fully
compliant
RoHS 6 fully compliant options available
xxx denotes a lead-free product

Description

The ACPL-217 is a DC-input single channel half-pitch phototransistor optocoupler which contains a light emitting diode optically coupled to a phototransistor. It is packaged in a 4-pin SO package.

The input-output isolation voltage is rated at 3000 Vrms. Response time, t_r , is 2 μ s typically, while minimum CTR is 50% at input current of 5 mA.

ACPL-217 pin layout



Pin	Description
1	Anode
2	Cathode
3	Emitter
4	Collector

Features

- Current transfer ratio (CTR: 50% (min) at $I_f = 5\text{ mA}$, $V_{CC} = 5\text{ V}$)
- High input-output isolation voltage ($V_{ISO} = 3000\text{ Vrms}$)
- Non-saturated Response time (t_r : 2 μ s (typ) at $V_{CC} = 10\text{ V}$, $I_f = 2\text{ mA}$, $R_L = 100\Omega$)
- SO package
- CMR 10kV/ μ s (typical)
- Safety and regulatory approvals
 - cUL
 - IEC/EN/DIN EN 60747-5-2
- Options available:
 - CTR Ranks 0, A, B, C & D

Applications

- I/O Interface for Programmable controllers, computers.
- Sequence controllers
- System appliances, measuring instruments
- Signal transmission between circuits of different potentials and impedances.

Ordering Information

ACPL-217-xxxx is UL Recognized with 3000 Vrms for 1 minute per UL1577 and Canadian Component Acceptance Notice #5.

Part number	RoHS Compliant Option					Package	Surface Mount	Tape & Reel	IC Orientation	IEC/EN/DIN 60747-5-2	Quantity
	Rank 'D' 50% <CTR< 600%	Rank 'A' 80% <CTR< 160%	Rank 'B' 130% <CTR< 260%	Rank 'C' 200% <CTR< 400%	Rank 'D' 300% <CTR< 600%						
	I _r =5mA V _{CE} =5V	I _r =5mA V _{CE} =5V	I _r =5mA V _{CE} =5V	I _r =5mA V _{CE} =5V	I _r =5mA V _{CE} =5V						
ACPL-217	-500E	-50AE	-50BE	-50CE	-50DE	SO-4	x	x	0°		3000 pcs per reel
	-560E	-56AE	-56BE	-56CE	-56DE	SO-4	x	x	0°	X	3000 pcs per reel
	-700E	-70AE	-70BE	-70CE	-70DE	SO-4	x	x	180°		3000 pcs per reel
	-760E	-76AE	-76BE	-76CE	-76DE	SO-4	x	x	180°	X	3000 pcs per reel

To order, choose a part number from the part number column and combine with the desired option from the option column to form an order entry.

Example 1:

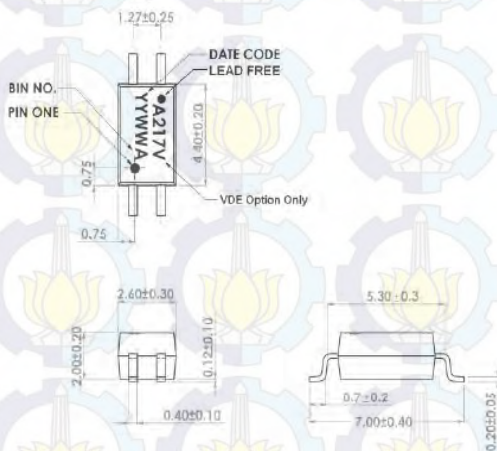
ACPL-217-560E to order product of SO-4 Surface Mount package in Tape & Reel packaging with IEC/EN/DIN EN 60767-5-2 Safety Approval, 50%<CTR<600% and RoHS compliant.

Example 2:

ACPL-217-50BE to order product of SO-4 Surface Mount package in Tape & Reel packaging with 130%<CTR<260% and RoHS compliant.

Option datasheets are available. Contact your Avago sales representative or authorized distributor for information.

Package Outline Drawings



Solder Reflow Temperature Profile

Recommended reflow condition as per JEDEC Standard, J-STD-020 (latest revision). Non-Halide Flux should be used.

Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	ACPL-217	Units	Note
Storage Temperature	T_S	-55~125	°C	
Operating Temperature	T_A	-55~110	°C	
Average Forward Current	$I_{F(AVG)}$	50	mA	
Pulse Forward Current	I_{FM}	1	A	
Reverse Voltage	V_R	6	V	
LED Power Dissipation	P	65	mW	
Collector Current	I_C	50	mA	
Collector-Emitter Voltage	V_{CEO}	80	V	
Emitter-Collector Voltage	V_{ECO}	7	V	
Isolation Voltage (AC for 1min, R.H. 40~60%)	V_{ISO}	3000	V_{RMS}	1min
Collector Power Dissipation	P_C	150	mW	
Total Power Dissipation	P_{TOT}	200	mW	
Lead Solder Temperature		260°C for 10 seconds		

Electrical Specifications (DC)

Over recommended ambient temperature at 25°C unless otherwise specified.

Parameter	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions	Note
Forward Voltage	V_F	-	1.2	1.4	V	$I_F = 20\text{mA}$	Fig.6
Reverse Current	I_R	-	-	10	μA	$V_R = 5\text{V}$	
Terminal Capacitance	C_T	-	30	-	pF	$V = 0, f = 1\text{MHz}$	
Collector Dark Current	I_{CCO}	-	-	100	nA	$V_{CE} = 48\text{V}, I_F = 0\text{mA}$	Fig.12
Collector-Emitter Breakdown Voltage	BV_{CEO}	80	-	-	V	$I_C = 0.5\text{mA}, I_F = 0\text{mA}$	
Emitter-Collector Breakdown Voltage	BV_{ECO}	7	-	-	V	$I_E = 100\text{mA}, I_F = 0\text{mA}$	
Current Transfer Ratio	CTR	50	-	600	%	$I_F = 5\text{mA}, V_{CE} = 5\text{V}$	$CTR = (I_C/I_F) \times 100\%$
Saturated CTR	CTR(sat)	-	100	-	%	$I_F = 1\text{mA}, V_{CE} = 0.4\text{V}$	
Collector-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE(sat)}$	-	-	0.4	V	$I_F = 8\text{mA}, I_C = 2.4\text{mA}$	Fig.14
Isolation Resistance	R_{ISO}	5×10^{10}	1×10^{11}	-	Ω	DC500V, RH: 40~60%	
Floating Capacitance	C_F	-	0.6	1	pF	$V = 0, f = 1\text{MHz}$	
Cut-off Frequency (3dB)	F_C	-	80	-	kHz	$V_{CC} = 5\text{V}, I_C = 2\text{mA}, R_L = 100\Omega$	Fig. 2,19
Response Time (Rise)	t_i	-	2	-	μs	$V_{CC} = 10\text{V}, I_C = 2\text{mA}, R_L = 100\Omega$	Fig. 1
Response Time (Fall)	t_f	-	3	-	μs		
Turn-on Time	t_{on}	-	3	-	μs		
Turn-off Time	t_{off}	-	3	-	μs		
Turn-ON Time	t_{ON}	-	2	-	μs	$V_{CC} = 5\text{V}, I_C = 16\text{mA}, R_L = 1.9\text{k}\Omega$	Fig. 1, 17
Storage Time	T_S	-	25	-	μs		
Turn-OFF Time	t_{OFF}	-	40	-	μs		
Common Mode Rejection Voltage	CMR	-	10	-	kV/ μs	$T_a = 25^\circ\text{C}, R_1 = 470\text{k}\Omega, V_{CM} = 1.5\text{kV(peak)}, I_F = 0\text{mA}, V_{CC} = 9\text{V}, V_{HP} = 100\text{mV}$	Fig.20

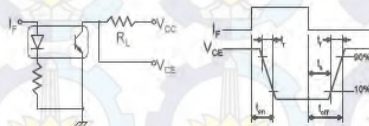


Figure 1. Switching Time Test Circuit

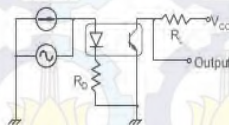


Figure 2. Frequency Response Test Circuit

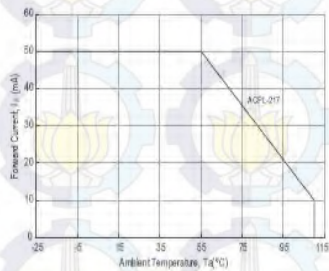


Figure 3. Forward Current vs. Ambient Temperature.

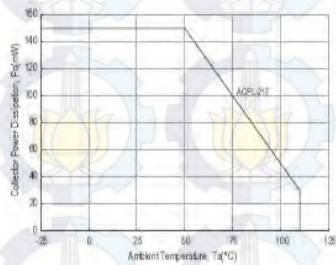


Figure 4. Collector Power Dissipation vs. Ambient Temperature

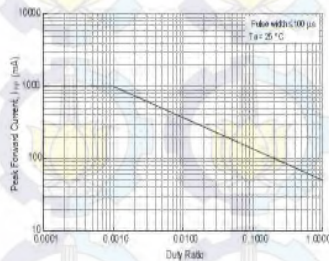


Figure 5. Pulse Forward Current vs. Duty Cycle Ratio

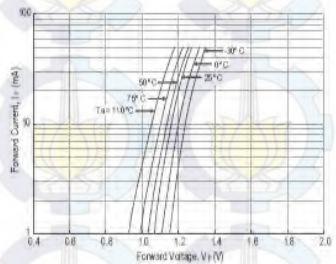


Figure 6. Forward Current vs. Forward Voltage

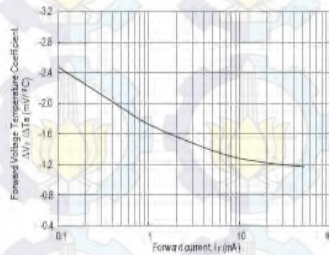


Figure 7. Forward Voltage Temperature Coefficient vs. Forward Current

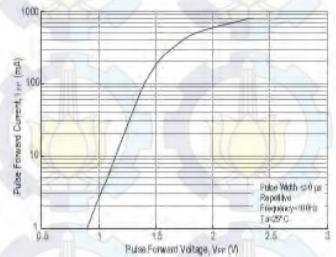


Figure 8. Pulse Forward Current vs. Pulse Forward Voltage

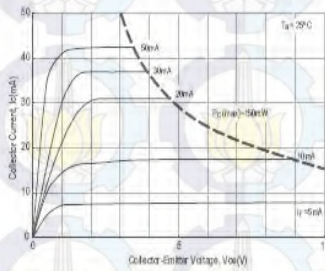


Figure 9. Collector Current vs. Collector-Emitter Voltage

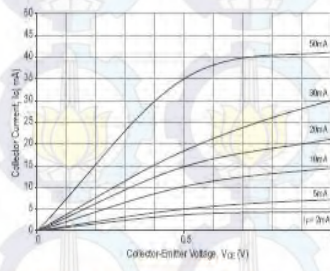


Figure 10. Collector Current vs. Small Collector-Emitter Voltage

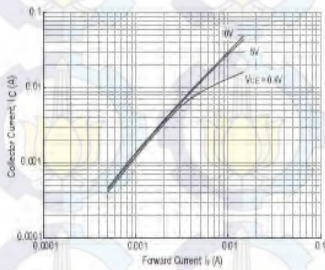


Figure 11. Collector Current vs. Forward Current

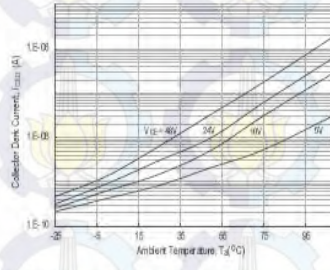


Figure 12. Collector Dark Current vs. Ambient Temperature

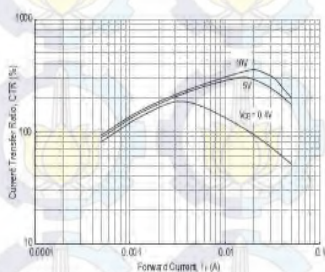


Figure 13. Current Transfer Ratio vs. Forward Current

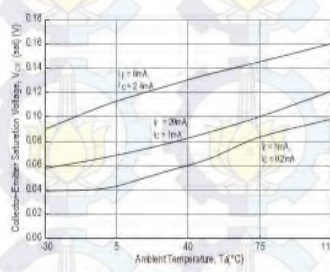


Figure 14. Collector-Emitter Saturation Voltage vs. Ambient Temperature

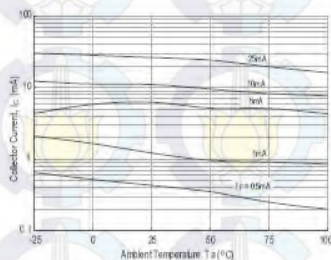


Figure 15. Collector Current vs. Ambient Temperature

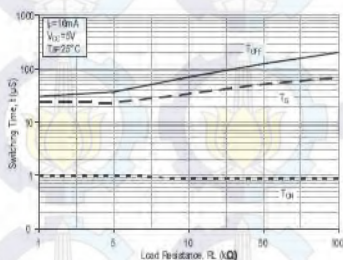


Figure 16. Switching Time vs. Load Resistance

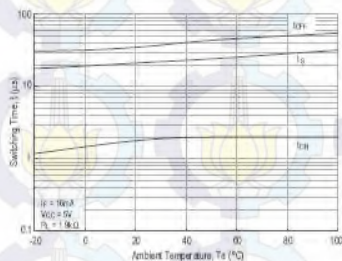


Figure 17. Switching Time vs. Ambient Temperature

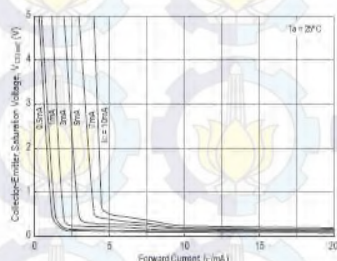


Figure 18. Collector-Emitter Saturation Voltage vs. Forward Current

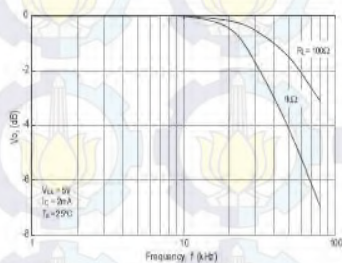


Figure 19. Frequency Response

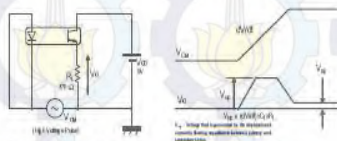


Figure 20. CMT Test Circuit

For product information and a complete list of distributors, please go to our web site: www.avagotech.com

Avago, Avago Technologies, and the A logo are trademarks of Avago Technologies in the United States and other countries. Data subject to change. Copyright © 2005-2011 Avago Technologies. All rights reserved.
AV02-0478EN - August 3, 2011

AVAGO
TECHNOLOGIES

LAMPIRAN E

LISTING PROGRAM SENSOR PADA ARDUINO

```
// this example is public domain. enjoy!  
// www.ladyada.net/learn/sensors/thermocouple  
  
//LM35  
int val;  
int tempPin = 1;  
  
#include "max6675.h"  
  
// read RPM  
volatile byte rpmcount;  
unsigned int rpm;  
unsigned long timeold;  
  
//MAX6675  
int thermoDO = 4;  
int thermoCS = 5;  
int thermoCLK = 6;  
  
MAX6675 thermocouple(thermoCLK, thermoCS, thermoDO);  
int vccPin = 3;  
int gndPin = 7;  
  
void rpm_fun()  
{  
    //Each rotation, this interrupt function is run twice, so take that  
    into consideration for  
    //calculating RPM  
    //Update count  
    rpmcount++;
```

```
}  
  
void setup() {  
  Serial.begin(9600);  
  
  attachInterrupt(0, rpm_fun, FALLING);  
  
  rpmcount = 0;  
  rpm = 0;  
  timeold = 0;  
  
  // use Arduino pins  
  pinMode(vccPin, OUTPUT); digitalWrite(vccPin, HIGH);  
  pinMode(gndPin, OUTPUT); digitalWrite(gndPin, LOW);  
  //Serial.println("MAX6675 test");  
  // wait for MAX chip to stabilize  
  //delay(500);  
}  
  
void loop()  
{  
  //LM35  
  val = analogRead(tempPin);  
  float mv = ( val/1024.0)*5000;  
  float cel = mv/10;  
  float farh = (cel*9)/5 + 32;  
  
  //RPM  
  delay(1000); //Update RPM every second  
  detachInterrupt(0); //Disable interrupt when calculating  
  rpm = 30*1000/(millis() - timeold)*rpmcount;  
  timeold = millis();  
  rpmcount = 0;  
  
  //DATA
```



```
Serial.print(cel);  
Serial.print(" ");  
Serial.print(rpm);  
Serial.print(" ");  
Serial.print(thermocouple.readCelsius());  
Serial.print(" ");  
Serial.print("end");
```

```
attachInterrupt(0, rpm_fun, FALLING);  
}
```

LISTING PROGRAM MONITORING PADA VISUAL BASIC NET 2008

```
Imports System  
Imports System.IO.Ports  
Imports System.IO  
Imports Excel = Microsoft.Office.Interop.Excel
```

Public Class Form1

```
Shared _continue As Boolean  
Shared _serialPort As SerialPort  
Dim dtg As String  
Private number As Integer  
Private read As Integer  
Private byteend(2) As Char  
Private pesan As String = ""  
Dim saveb(10000) As String  
Dim savec(10000) As String  
Dim saved(10000) As String  
Dim savebf As String = ""  
Dim data1 As Integer = 1  
Dim terima As String  
Dim lafbe As Integer = 0
```

*Private Sub Button1_Click(ByVal sender As System.Object,
ByVal e As System.EventArgs) Handles Button1.Click*

If SerialPort1.IsOpen = False Then

SerialPort1.Open()

End If

If (lafbe = 1) Then

Try

Chart1.Series(0).Points.Clear()

'Chart1.Series.Add("Temperature Dingin")

'Chart1.Series(0).ChartType

Charting.SeriesChartType.Spline

'Chart1.Size = New Size(543, 321)

Chart1.Series(1).Points.Clear()

'Chart1.Series.Add("RPM")

'Chart1.Series(1).ChartType

Charting.SeriesChartType.Spline

'Chart1.Size = New Size(543, 321)

Chart1.Series(2).Points.Clear()

'Chart1.Series.Add("Temperature Panas")

'Chart1.Series(2).ChartType

Charting.SeriesChartType.Spline

'Chart1.Size = New Size(543, 321)

lafbe = 0

Catch ex As Exception

End Try

data1 = 1

End If

Timer1.Enabled = True

Button1.Enabled = False

Button4.Enabled = True
End Sub

Private Sub SerialPort1_DataReceived(ByVal sender As Object, ByVal e As System.IO.Ports.SerialDataReceivedEventArgs) Handles SerialPort1.DataReceived

If SerialPort1.IsOpen Then

Try

Threading.Thread.Sleep(30)

byteend = SerialPort1.NewLine.ToCharArray

number = SerialPort1.BytesToRead

dtg = SerialPort1.ReadTo("end")

Me.Invoke(New EventHandler(AddressOf DoUpdate))

Catch ex As Exception

MsgBox(ex.Message)

End Try

End If

End Sub

Public Sub DoUpdate(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs)

ListBox1.Items.Add(dtg)

Label1.Text = Microsoft.VisualBasic.Left(dtg, 20)

End Sub

Private Sub Label1_TextChanged(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Label1.TextChanged

terima = Label1.Text

Me.Text = terima

If terima.Length > 8 Then

Dim str() As String

str = terima.Split(" ")

Label2.Text = str(0)

Label18.Text = str(1)


```
Label5.Text = str(2)
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Tick(ByVal sender As System.Object,  
ByVal e As System.EventArgs) Handles Timer1.Tick
```

```
    If (Label2.Text <> "") Then
```

```
        Me.Chart1.Series("Temperature  
Dingin").Points.AddXY(data1, Label2.Text)
```

```
        saveb(data1) = "Detik ke : " + Convert.ToString(data1) +  
" " + "Temperature Silinder Dingin : " + Label2.Text + " "
```

```
        Me.Chart1.Series("Temperature  
Panas").Points.AddXY(data1, Label5.Text)
```

```
        savec(data1) = "Temperature Silinder Panas : " +  
Label5.Text + " "
```

```
        Me.Chart1.Series("RPM").Points.AddXY(data1,  
Label18.Text)
```

```
        saved(data1) = "RPM : " + Label18.Text
```

```
        data1 = data1 + 1
```

```
        If (data1 > 35) Then
```

```
            Chart1.Size = New Size(Chart1.Size.Width + 10,  
Chart1.Size.Height)
```

```
            TabPage1.AutoScrollPosition = New  
Point(Chart1.Size.Width, 0)
```

```
        End If
```

```
    End If
```

```
    ' Dim rgb1 As Integer
```

```
    ' rgb1 = (255 - (Val(Label3.Text) * 255 / 400))
```

```
    ' PictureBox2.BackColor = Color.FromArgb(255, rgb1, 0)
```

```
End Sub
```

*Private Sub Button3_Click(ByVal sender As System.Object,
ByVal e As System.EventArgs) Handles Button3.Click*

Me.Close()

End Sub

*Private Sub btmadd_Click(ByVal sender As System.Object,
ByVal e As System.EventArgs) Handles btmadd.Click*

*'Dim xlsWorkBook As
Microsoft.Office.Interop.Excel.Workbook*

*'Dim xlsWorkSheet As
Microsoft.Office.Interop.Excel.Worksheet*

'Dim xls As New Microsoft.Office.Interop.Excel.Application

*'Dim resourcesFolder =
IO.Path.GetFullPath(Application.StartupPath)*

'Dim fileName = "Data.xlsx"

*'xlsWorkBook = xls.Workbooks.Open(resourcesFolder &
fileName)*

'xlsWorkSheet = xlsWorkBook.Sheets("Sheet1")

'For v As Integer = 1 To data1

'xlsWorkBook.Cells(1, data1) = saveb(data1)

'xlsWorkBook.Cells(2, data1) = savec(data1)

'Next

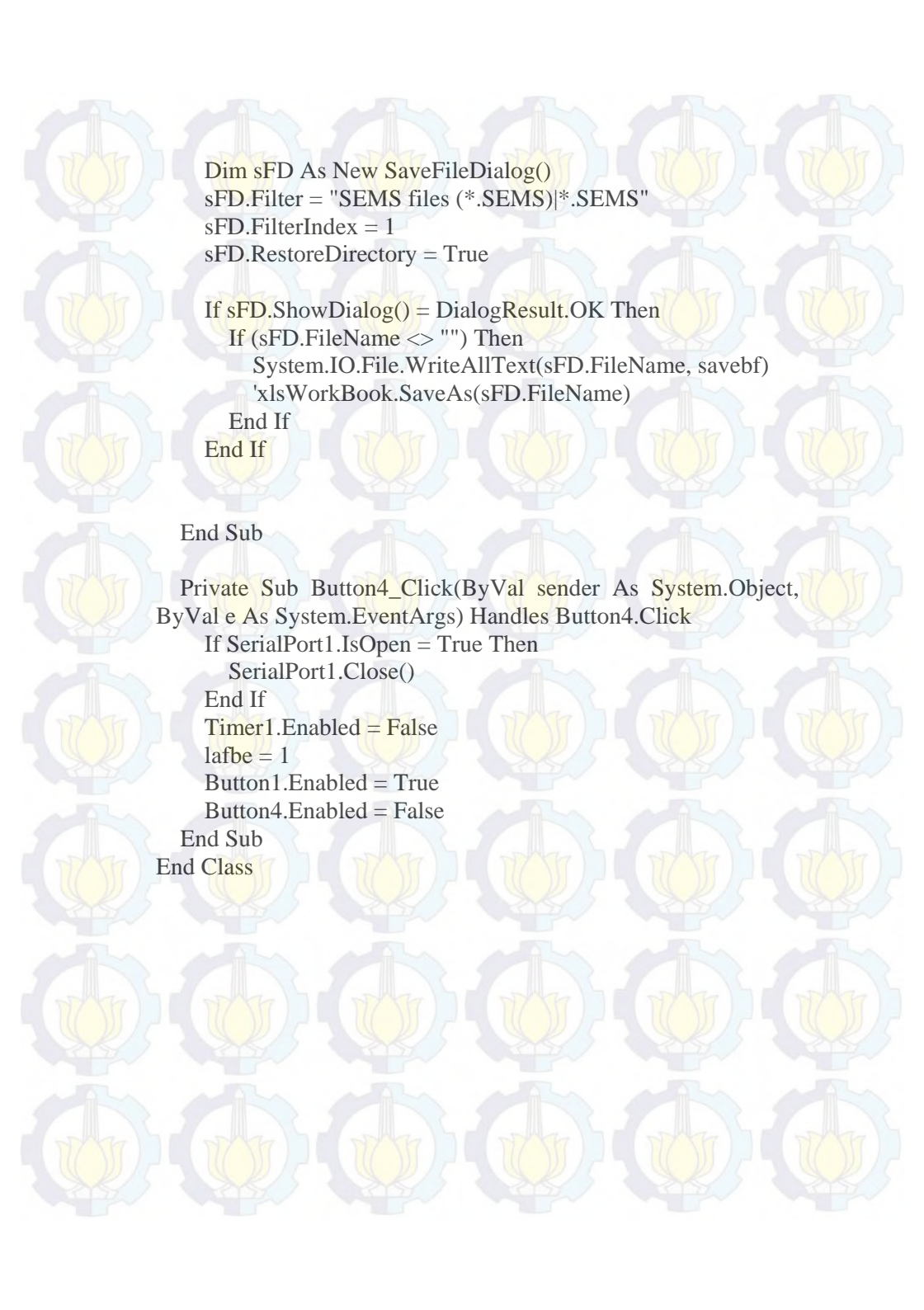
'xlsWorkBook.Close()

'xls.Quit()

For v As Integer = 1 To (data1 + 1)

*savebf = savebf + saveb(v) + savec(v) + saved(v) +
Environment.NewLine*

Next



```
Dim sFD As New SaveFileDialog()  
sFD.Filter = "SEMS files (*.SEMS)|*.SEMS"  
sFD.FilterIndex = 1  
sFD.RestoreDirectory = True
```

```
If sFD.ShowDialog() = DialogResult.OK Then  
    If (sFD.FileName <> "") Then  
        System.IO.File.WriteAllText(sFD.FileName, savebf)  
        'xlsWorkBook.SaveAs(sFD.FileName)  
    End If  
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Button4_Click(ByVal sender As System.Object,  
ByVal e As System.EventArgs) Handles Button4.Click  
    If SerialPort1.IsOpen = True Then  
        SerialPort1.Close()  
    End If  
    Timer1.Enabled = False  
    lafbe = 1  
    Button1.Enabled = True  
    Button4.Enabled = False  
End Sub  
End Class
```


BIODATA PENULIS



Ali Ridho, biasa dipanggil Ridho merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Dilahirkan di Gresik, pada 10 November 1991. Menempuh pendidikan mulai dari MI Miftahul Ulum III kemudian melanjutkan pendidikan SMPN 2 Manyar, SMA Assa'adah Bungah Gresik. Pada tahun 2011 penulis melanjutkan pendidikan di prodi D3 Metrologi dan Instrumentasi, jurusan Teknik Fisika, Fakultas

Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Teknik Fisika ITS. Apabila ada pertanyaan, kritik dan saran tentang Tugas Akhir ini, penulis dapat dihubungi melalui email ridhoelaldo@gmail.com.

DAFTAR GAMBAR

Hal.

Gambar 2.1.	Stirling Engine	6
Gambar 2.2.	Generator	7
Gambar 2.3.	Arah Arus Listrik	7
Gambar 2.4.	Bentuk Arus DC	8
Gambar 2.5.	Bentuk Arus AC	8
Gambar 2.6.	Tampilan Awal Visual Basic Net 2008	9
Gambar 2.7.	<i>Title Bar</i>	9
Gambar 2.8.	<i>Menu Bar</i>	10
Gambar 2.9	<i>Control dan Function Pallete</i>	10
Gambar 2.10	<i>Solution Explorer</i>	11
Gambar 2.11	<i>Form Designer</i>	12
Gambar 2.12	<i>ToolBox</i>	13
Gambar 2.13	<i>Properties</i>	14
Gambar 2.14	(a) Modul arduino uno tampak depan, (b)Modul arduino uno tampak belakang	15
Gambar 2.15	Paket dalam modul DI-REV1	17
Gambar 2.16	Piringan Derajat DI-REV1	18
Gambar 2.17	Rangkaian Sensor DI-REV	18
Gambar 2.18	Sensor LM35	19
Gambar 2.19	Sensor Termokopel	20
Gambar 2.20	Monitor LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	22
Gambar 3.1	<i>Flowchart</i> Perancangan Tugas Akhir	25
Gambar 3.2	Sensor Termokopel	27
Gambar 3.3	Sensor LM35	28
Gambar 3.4	Paket dalam modul DI-REV1	29
Gambar 3.5	Piringan Derajat DI-REV1	30
Gambar 3.6	Rangkaian Sensor DI-REV	31
Gambar 3.7	Modul Arduino Uno	32
Gambar 3.8	Kabel USB to Serial	32
Gambar 3.9	<i>Sketch</i> Arduino	33
Gambar 3.10	Sistem Monitoring Pada <i>Microsoft Visual Studio</i> 2008	34
Gambar 4.1	Grafik suhu terhadap waktu pada	39

Gambar 4.2	pengujian standar Grafik suhu terhadap waktu pada pengujian alat	39
Gambar 4.3	Grafik suhu terhadap waktu pada pengujian standar	40
Gambar 4.4	Grafik suhu terhadap waktu pada pengujian alat	41
Gambar 4.5	Grafik kecepatan terhadap suhu pada pengujian standar	42
Gambar 4.6	Grafik kecepatan terhadap suhu pada pengujian alat	43